温家宝总理
关于沙草产业的批示、讲话

钱学森同志和宋平同志提出，在我国西部戈壁沙漠发展沙产业、阳光农业，这些重要的理论和意见值得重视。一些地区的成功实践充分说明，办好这件事不仅有经济意义，而且有社会和生态意义。

——摘自 1995 年 11 月 9 日温家宝在一位专家的报告上所作的批示

这些年来，我担心两件事情，一件事情就是民勤。大家知道甘肃武威地区的民勤在巴丹吉林沙漠的南缘，沙已经把民勤的很多地方覆盖了。几年以前，我就向甘肃的党政领导和人民群众提出来，一定不要让民勤成为第二个罗布泊，现在看来治理相当困难。我最近又在担心敦煌，这是又一件事情。大家知道，敦煌有个鸣沙山，有个月牙泉，四周都是沙漠，中间有一潭水，实际上是地下水。如果地下水用得多的话，那个月牙泉就要干涸。

——摘自 2007 年 3 月 26 日温家宝总理在全国防沙治沙大会上的讲话

不要让民勤成为第二个罗布泊，这不仅仅是民勤一个地区的问题，更表达了国家改善生态环境的决心和意志……过去，河西走廊水都是散流的，形成了绿洲。现在，把水集中起来修成水泥渠道，四周没有水，会不会造成荒漠化，你们要注意观察。

——摘自 2008 年 3 月 6 日温家宝总理在参加全国人大甘肃团讨论时的讲话

上世纪 80 年代中后期，钱学森担任中国科协主席时，温家宝在中央分管科技工作。他曾经亲自到钱学森办公室一起研究工作，并多次通过书信往来，探讨沙产业、数学科学等方面的问题。

——摘自 2008 年 8 月 2 日新华社通讯《一诺千金——温家宝亲切看望季羡林、钱学森和何泽慧》（记者李斌，发表于《人民日报》2008 年 8 月 3 日 01、02 版）

胡锦涛总书记
看望钱学森时的谈话

钱老，您在科学生涯中建树很多，我学了以后深受教益。我给您举两个例子：一个就是您的系统工程理论。您这个理论强调在处理复杂问题时，一定要注意从整体上加以把握，统筹考虑各方面因素，这很有创见。现在我们强调科学发展，就是注重统筹兼顾，注重全面协调可持续发展。还有一个就是您提出的发展沙产业的设想。您的这个设想强调的不是单纯地去治理沙漠，阻止沙化，而是在治理沙漠的同时，还要看到沙漠环境也有优势的一面，有很多沙生植物，经济价值很高。我们要有意识地人工种植这些沙生植物，然后搞深加工，发展沙产业，这就能在沙漠地区形成良性循环。您的这个思想很有创新。

前不久，我到内蒙古自治区鄂尔多斯市考察，看到那里沙产业发展得很好，沙生植物加工搞起来了，生态正在得到恢复，人民生活水平也有了明显提高，他们现在人均年产值达到了 5000 美元，和东部沿海地区一样了。钱老，您在几十年前提出的沙产业设想已经开始变成现实。

我在贵州工作过。那时候黔北地区很穷，粮食单产很低。那儿的特点不是缺水，而是缺土。过去传统农业的做法是开荒，结果一下雨，土流失掉了，生态也破坏了，粮食产量更低了。我看这种情况也要用钱老的沙产业、草产业思想，不能只种粮食，种果树种草经济效益会更高。

——摘自 2008 年 1 月 19 日胡锦涛总书记看望钱学森时的谈话

全国政协主席贾庆林
在内蒙古鄂尔多斯调研期间的讲话

荒漠化防治是功在当代、利在千秋的伟大事业。要坚持预防为主、科学治理、合理利用的方针，遵循规律，因地制宜，落实责任，加大投入，健全防沙治沙体制机制，积极动员企业等社会力量参与，努力开创防沙治沙新局面，为建设资源节约型、环境友好型社会作出贡献。要坚持科学防沙治沙，大力开展科技攻关，不断探索新技术、新材料、新方法，统筹规划重点工程建设，努力使广大沙区的生态状况明显改善。要大力发展沙产业，不断调整沙区产业结构，积极发展沙漠新能源产业，注重发挥企业的主体作用，鼓励民间资本进入沙产业，努力调动广大农牧民参与沙产业发展的积极性，切实提高沙产业发展的质量和效益。要进一步加强国际交流与合作，引进国外资金、技术和先进管理经验，推进我国防沙治沙智力与技术“走出去”，开拓国际合作新领域，在世界防沙治沙事业中发挥更大作用。

——摘自 2011 年 8 月 29 日全国政协主席贾庆林
在内蒙古鄂尔多斯调研期间的讲话

钱学森关于沙草产业的论述

宋平同志一直很关心并支持我的工作，他在任国家计划委员会主任时(80年代初)就听取我对在计划工作中运用系统工程的汇报，后来又向江泽民同志介绍了我关于国家级总体设计部的建议，他是有远见的！

——摘自1995年10月2日钱学森致刘恕信

去年12月初，在宋平同志支持下，姜春云同志就叫国家有关部门同甘肃省政府在当地召开了武威地区和张掖地区的沙产业会议，会议介绍并讨论了甘肃两地区在沙荒地采用：①地面下铺膜防水下渗；②地上建棚防风；③节水用滴灌，从而取得蔬菜水果丰产，已实现“西菜东运”！这不就是产业化了的高新技术农业吗？农民也走出贫困，富裕起来了。

——摘自1996年1月2日钱学森致周嘉槐信

在领导国防科技工作期间，钱学森经常深入地处沙漠戈壁的试验基地。那里自然条件的恶劣，人民生活的艰辛，给他留下了深刻的印象。退出领导岗位后，他还牵挂着生活在那块土地上的人们，思索着如何用科学改变那里的环境。20世纪80年代中期，他提出了发展沙产业的思想。他说：“我国沙漠和戈壁大约16亿亩，和农田面积一样大。沙漠戈壁并不是什么也不长。”“沙漠和戈壁的潜力远远没有发挥出来。”“沙产业就是在‘不毛之地’搞农业生产，而且是大农业生产。这可以说是又一项‘尖端技术’！”他还把自己获得的何梁何利基金奖100万港元，捐给了促进沙产业发展基金会。

——摘自2005年10月07日新华社通讯《人民科学家的忠诚——写在钱学森归国50周年》(记者奚启新，发表于《人民日报》2005年10月8日01版)

宋平关于沙草产业的论述

甘肃地处沙漠边缘，干旱缺雨。人民怎么脱贫、致富，怎么缩小和东部地区的差距，这些问题一直在我脑子里转。那时想到的办法是防沙、治沙，平田整地，搞水平梯田……后来，听到钱学森同志提出沙产业问题，要用现代科学技术在干旱地区发展大农业，这对我的思想是个很大的解放，非常高兴……沙产业的概念，使沙漠戈壁地区看到了前途。为西部地区脱贫致富奔小康，缩小东西部地区差距找到了路子。

——摘自1995年11月30日宋平在甘肃河西走廊沙产业开发工作会议上的讲话

我一辈子走了很多地方，而对甘肃感情最深。离开多年了，还天天看那里的天气预报，可能是因为那里有些地方人民太贫困，使我永远忘不了他们的缘故吧！

——摘自1996年3月21日宋平对《宋平在甘肃》作者的谈话

钱学森同志1984年提出了沙产业的构想，到现在已经16年了。河西的实践初步说明这一构想的正确，内涵深广、意义重大。它启发我们的思想，动员了干部群众、科技工作者向沙产业进军。它为干旱、沙漠地区农业开辟了一个新的领域，为现代化的、知识密集型的大农业，为地方的脱贫致富，找到了路子，增强了信心。

——摘自2000年6月28日宋平在甘肃沙产业会议上的讲话

内蒙古、甘肃省应以强化钱老的沙草产业理论和实践为新目标，把钱老开创的沙草产业事业“继续下去”，“形成核心”，“形成学派”，“干到底”。

——摘自2004年6月宋平在视察内蒙古鄂尔多斯沙产业时的谈话

本书编委会

序　言

陆　浩[*]

钱学森是一位伟大的人民科学家，他不但为我国的“两弹一星”事业做出了重大贡献，他提出的沙产业、草产业理论，对我国生态建设和经济社会发展都具有重要的战略意义。

二十世纪五六十年代，钱学森在甘肃领导国防科研试验时，看到当地生态环境恶劣，人民群众生活困难，便思考如何依靠科学技术，利用沙漠的光热资源，发展知识密集型的沙区特色产业，帮助沙区各族人民脱贫致富。通过不断地思考和实践，1984 年，钱学森正式提出了“多采光、少用水，新技术、高效益”，使“不毛之地变为沃土”的“沙产业”设想，通过利用现代生物科学技术，开发沙区特色资源，发展优势产业，带动防沙治沙。之后，钱老不断探索和完善这一理论。沙草产业设想提出后不久，便得到了宋平同志的大力支持，特别是在沙草产业设想如何从探索、试验推进到实践的关键时刻，宋平同志亲自给温家宝、姜春云等中央领导同志写信，希望国家关注和支持沙草产业发展。随后，国家有关部门先后于 1995 年和 2000 年在河西走廊召开沙产业开发工作会议。宋平同志亲临会议，积极倡导和推广沙草产业理论，并高度评价了沙产业理论对于西部地区脱贫致富的重要意义。自此，钱学森沙草产业设想率先在甘肃河西走廊步入了实践。

经过 20 多年的示范、推广，沙草产业已经成为甘肃沙漠、草原地区的一个特色产业。甘肃林业部门先后利用治沙贴息贷款 3.15 亿元，开发沙草产业项目 366 个，建立了一批龙头骨干企业，对推广开发沙草产业起到了积极的示范作用，带动了沙漠、草原地区农牧业和农村经济的发展。同时，还建立了由宋平同志题写馆名的“沙产业馆”，设立了若干沙草产业（阳光农业）示范园区等。现在河西地区沙漠和沿沙地区的设施农业、节水农业、特色产业等，很多都有沙草产业的背景，当地人民群众经济收入不断提高，生态环境逐步恢复，沙草产业发

---

* 作者写作本文时任中共甘肃省委书记、省人大常委会主任，现任全国人大外事委员会副主任委员、中央第一地方巡视组组长。

展取得了显著的成效。其中，最明显和直观的效果就是黑河下游沿岸已经恢复了原来的生态，民勤干涸的青土湖又重新有了 3 平方公里的水面。2008 年 1 月 19 日，胡锦涛总书记看望和慰问钱学森时，充分肯定了他的沙产业设想，认为这个思想很有创新，并强调大力发展沙产业对于在沙漠地区形成良性循环具有十分重大的意义。

众所周知，甘肃是全国沙漠和草原大省之一，但同时也是土地沙化和草原退化沙化最严重的省份之一。全省沙化土地有 12 万平方公里，占国土总面积的 28%，危害着 400 多万人的生存和社会发展，每年由风沙带来的直接经济损失达 5.1 亿多元。目前，全省天然草原 90%以上出现不同程度的退化和沙化，而且每年仍以 10 万公顷的面积继续扩大。积极努力推广和应用钱学森和宋平提出的沙草产业理论，对于甘肃遏制土地沙化和草原退化，保护生态环境，发展绿色农业，构建西北地区生态安全屏障，促进经济社会可持续发展都具有非常重要的战略意义和现实作用。

2010 年 5 月，国务院办公厅下发了《关于进一步支持甘肃经济社会发展的若干意见》，明确提出“积极发展沙产业”。甘肃省委、省政府始终高度重视发展沙草产业，在推动沙漠和草原地区科学发展时，将充分利用钱学森的系统科学思想和工程控制理论来加快发展沙草产业，加快石羊河、黑河、疏勒河流域综合治理，加大祁连山生态系统保护和甘南水源补给区生态恢复，努力把甘肃构建成为西北地区生态安全屏障，加快推进河西内陆河流域以及甘肃经济社会的科学发展和跨越式发展。

今年是钱学森同志诞辰 100 周年，为了缅怀和纪念钱学森同志，甘肃省沙草产业协会和西安交通大学先进技术研究院在广泛查阅历史资料和深入实地了解的基础上，编辑了《钱学森宋平论沙草产业》、《科学家专家论述沙草产业》、《各级领导论述沙草产业》等书。这几本书在追寻钱学森同志研究和发展沙草产业理论光辉足迹的同时，全面、系统地介绍了沙草产业的内容和精神，这对于进一步宣传、普及和推广沙草产业理论，宣传和弘扬钱学森同志热爱祖国和人民的高尚情怀、勇攀高峰的创新精神和淡泊名利的高贵品质，推进社会主义核心价值体系建设，促进西部地区经济社会协调发展和人与自然和谐发展，都将具有十分重要的现实意义。

二〇一一年九月十六日

序 言

贾治邦*

土地荒漠化被称为“地球的癌症”，是全球最主要的生态危机。目前，全球荒漠化土地面积达3600万平方公里，占陆地总面积的1/4，共有110个国家、约20亿人口受到荒漠化危害。我国是世界上荒漠化危害最严重的国家之一，共有荒漠化土地262.37万平方公里，沙化土地173.11万平方公里，分别占国土陆地总面积的27.33％和18.03％，严重影响着人民群众的生产生活，已成为中华民族生存发展的心腹之患。

在党中央、国务院的正确领导下，经过广大沙区干部群众几十年坚持不懈的努力，我国防沙治沙工作已经取得明显成效。第四次全国荒漠化沙化监测结果显示，2005—2009年五年间，全国荒漠化土地面积年均减少2491平方公里，沙化土地面积年均减少1717平方公里，荒漠化和沙化整体扩张的趋势得到初步遏制，荒漠化和沙化程度持续减轻，沙区植被状况逐步好转，沙化土地植被平均盖度由17.03％提高到17.63％。京津风沙源治理工程区通过近10年的治理，可持续发展能力增加22％。甘肃河西走廊地区通过实施三北防护林工程和防沙治沙工程，已全面实现农田林网化，成为甘肃省重要的粮仓。同时，广大沙区按照“多采光、少用水，新技术、高效益”的要求，探索出了林纸、林板、林药、林饲、林能、林景一体化的沙产业发展模式，形成了一批大型沙产业龙头企业，沙区群众正在从沙漠中收获越来越多的绿色财富。内蒙古赤峰、陕西榆林、新疆和田、甘肃临泽等重点治沙地区，通过长期的科学防沙治沙，已经走出了一条林茂、粮丰、畜肥、民富的良性循环之路。

实践证明，人们在恶劣的生态环境面前并不是无能为力的，也不是无所作为的，只要我们遵循自然规律，坚持科学治沙态度，发扬艰苦奋斗精神，沙化土地是可以治理的，沙区生态是可以改善的，发展沙产业是大有作为的，防沙治沙完全可以实现生态效益、经济效益和社会效益相统一。我国现有沙化土地中有53万平方公里是可以治理的，这些地方光热条件充足，物种资源宝贵，这不仅是

---

* 作者为国家林业局党组书记、局长。

林业生态建设的重要战场，也是广大沙区发展经济、脱贫致富的潜力所在。

早在20多年前，我国著名科学家钱学森同志就以战略的眼光和科学的视野，创造性地提出了大力发展沙产业的重要论述，并且孜孜不倦地予以推动，从理论和实践层面为我国防沙治沙事业和沙产业发展做出了重大贡献。在钱学森诞辰100周年之际，中国治沙暨沙业学会、甘肃省沙草产业协会和西安交通大学共同编辑了《钱学森宋平论沙草产业》、《科学家专家论述沙草产业》、《各级领导论述沙草产业》三本书，收录了钱学森同志和宋平同志有关沙草产业的书信和文章，收集了有关领导和专家学者对沙草产业的研究和论述，汇编了有关防沙治沙及沙产业的政策文件。这套丛书的出版，是对钱学森同志最好的纪念，对于进一步增强全社会防沙治沙意识，推动生态文明建设和产业化治沙，促进沙区经济社会发展，具有十分重要的意义。希望广大防沙治沙工作者认真学习钱学森同志和宋平同志关于沙草产业的重要论述，全面贯彻预防为主、科学治理、合理利用的方针，深入研究防沙治沙新技术，积极探索沙产业发展新模式，努力把我国防沙治沙事业推向科学发展新阶段，为改善沙区生态状况、造福沙区人民群众、促进经济社会可持续发展做出新的贡献。

贾治邦

二〇一一年十一月二十八日

目　录

中国西北内陆河水问题及其应对策略

——以黑河流域为例

程国栋* 肖洪浪 徐中民 李锦秀 陆明峰

1 引言

2002年的可持续发展世界首脑会议上，水被列为五大课题之首(其余四个课题是能源、健康、农业和生物多样性)，关注水与发展、水与环境和水管理三大领域。我国人均水资源占有量居世界第110位，被联合国列为13个贫水国之一，水资源的短缺严重地威胁着我国经济和社会发展，尤其是粮食安全。

中国西北地区占国土面积的1/3，但水资源仅为全国的5%，缺水是制约西北地区经济发展和导致生态恶化的最重要因素。另一方面，西北地区农田平均实灌定额10065立方米/公顷，比全国平均高40%；万元GDP用水1736立方米，比全国平均高1.85倍。目前全国水资源开发利用率平均为20%，而西北地区为53.3%，其中甘肃的河西走廊各河、新疆的塔里木河和天山北坡各河都超过70%，有的甚至超过100%。

西北内陆河流域特殊的山地-盆地结构决定了山区是径流的形成区，而盆地则是径流的耗散区，盆地内降水极少。径流出山流入盆地后，有水就有绿洲，无水便成荒漠，水多则盐渍化。水主宰着西北的生态类型。西北地区矿产、土地和光、热资源丰富，但因为缺水，经济发展受到严重的制约。至今，西北地区仍有2000万人的饮水问题没有解决。

内陆河最大的问题是上、中、下游的用水矛盾。中国最大的内陆河——塔里木河在人类活动的影响下，各支流逐渐与干流失去地表水流联系；近50年来其上、中游的水土资源开发，过度用水致使下游320公里河道断流，加速了生态环境退化过程。水资源过度开发利用的石羊河，随着经济快速发展和城镇化，中游灌溉规模过大，激化下游水危机和环境污染；水资源多次重复利用，利用率高达154%；地下水严重超采，绿洲中心形成了深大地下水漏斗，生态难民奔走他乡。黑河流域截止1995年已建成水库98座，总库容达到4567亿立方米，人工水系正在取代自然水系；中游人工绿洲扩大，下游天然绿洲萎缩，干涸的河道和湖盆成了主要的沙尘源区。为此，国家投人数百亿人民币先后启动了黑河、塔里木河综合治理工程来拯救下游生态，现今下游生态环境恶化得到了初步的遏制，沿河植被局部得以恢复，石羊河生态治理工程2011年开始启动。

西北的问题警示我们：解决水问题必须超脱水的限制，不能就水论水，只有以流域为单元，从水资源、水环境整体着手，协调好水—生态—经济之间的关系："量水而行"，在时

---

* 程国栋，中国科学院院士，中国科学院兰州分院院长，中国科学院寒区旱区环境与工程研究所研究员。

间和空间上合理分配流域水资源;经济发展要以水定田、定经济发展规模;生态建设要以水定林草,定生态建设规模,确保西北的可持续发展。

2 黑河流域水问题

2.1 流域水土资源及其利用

黑河流域是西北典型的内陆河,土地面积近 13 万平方公里,涉及内蒙、甘肃和青海三省区。黑河流域土地类型可按其整体特征分为山地、荒漠、绿洲三大类,荒漠土地占 57.49%,山地占 33.60%,绿洲仅占 8.90%。按地貌又分成祁连山、河西走廊和阿拉善高平原三大单元。

祁连山地分布在流域的南部,水热条件随高度的变化主导着土地的垂直分异,最高海拔可达 5584 米。海拔 4500 米以上为终年积雪区;海拔 4000～4500 米以上仅有稀疏垫状植被,年降水量超过 400～500 毫米,受温度限制景观为高寒荒漠;海拔 3300～4000 米阳坡是高山草甸,阴坡为高山灌丛草甸和草甸沼泽带,海拔 3600 米是多年冻土分布下线;海拔 2700～3300 米的中山区有 350～500 毫米的年降水量,景观为森林草原,起着流域水源涵养的重要作用;海拔 1900～2700 米的中低山带,年降水量为 250～350 毫米,景观自下而上从荒漠草原过渡为干草原;海拔 1900 米以下的山前低山丘陵,年降水量多在 200～250 毫米,景观为山地荒漠或草原化荒漠。

中部河西走廊平原夹持于南部祁连山走廊与北山之间,通常又称南盆地,南北跨度普遍为 40～60 公里。源于南部山区的诸河出山后受地形与隐伏构造的制约,自东而西汇流于大马营盆地,山丹盆地,张掖盆地,酒泉东、西盆地,形成了荒漠中的绿洲。中部走廊平原是流域内人类活动的集中之地。流域 90%的耕地集中在中游盆地,地表为径流耗散区。

北部阿拉善高平原,海拔 1000 米左右;气候极端干旱,年降水量低于 50 毫米;地广人稀,大漠浩瀚,植被稀疏,生物产量低下,风沙、干旱、盐碱是其基本特征。绿洲仅点缀于河、湖、渠系及地下水浅埋之区。自然条件仍然主导着该区土地分异。从东向西受沉积物的影响明显分为三大类型:东部巴丹吉林沙漠;中部冲积、洪积戈壁;西部低山、残丘以及缓起伏的剥蚀平原。

传统概念下的流域多年平均水资源总量为 41.73 亿立方米。其中出山径流量 36.83 亿立方米。黑河干流多年平均出山径流量为 15.98 亿立方米。内陆河封闭的地势提供了水资源重复利用的可能,流域水资源利用率超过 112%。山区冰雪水资源储量 136.7 亿立方米,冰川融水构成河川径流的 8%,1960－1995 年现代冰川面积缩小了29.18平方公里

黑河流域 1998 年总用水量为 34.33 亿立方米。其中农业灌溉用水为 29.86 亿立方米。占总用水量的 87%;林牧渔用水为 2.27 亿立方米,城镇工业用水为 1.564 亿立方米,农村工业用水为0.125亿立方米,城镇生活用水为 0.228 亿立方米,农村生活用水为0.288

亿立方米。中游利用了全流域水资源的68.1%。

1992年国家土地详查数据显示黑河流域现有耕地面积为28.8万公顷。1990—1993年甘肃省水土资源详查，黑河甘肃部分的土地灌溉面积为34.46万公顷，其中农田灌溉面积为29.89万公顷，林草灌溉面积为4.43万公顷；两次详查数据相差5.73万公顷。

按目前正义峡下泄水量9.5亿立方米，同时除去鼎新灌区和额济纳灌区面积7810公顷，即按照水资源32.23亿立方米、灌溉面积分别为28万公顷和33.68万公顷。平衡，则灌溉面积占有水资源各为460毫米和380毫米，而灌溉面积通常只是绿洲面积的60%，除去干支渠输水蒸发损失20%，绿洲非农田用水分别为230毫米和191毫米。这个结果即使雨水全利用，土地退化也不可避免，水资源短缺仍然是不争的事实。

2.2 传统用水理念支撑的半个世纪的发展

有史载的汉代至明代黑河流域人口波动在几万至十几万人，到清代开始以数十万人计，进入21世纪已接近200万人；同时区内经济也快速发展，2000年黑河流域国内生产总值110.27亿元，人均5687元，与省内其他经济区比较，位居第一。全国人均国内生产总值2000年已达到7078元，黑河流域只及全国平均水平的80.35%。在国内生产总值构成中，第一、第二和第三产业所占比重分别是35.41%、37.53%和29.16%。产业结构特点表现为农业的增加值和就业比例过大，整个流域属于明显的农村经济特征；流域内产业结构各地区空间差异明显；第三产业发展落后，仍然属于传统、粗放资源密集型经济系统和劳动密集型产业。

值得一提的是为了遏制黑河下游的生态恶化，1997年国务院批准了包括丰、平、枯水平年的《黑河干流水量分配方案》，力争5年内，在莺落峡年水量为15.8亿立方米时保证向下游送水9.5亿立方米。近几年的实施基本达到目的。然而，由于水利用效益低、科技投入少，生产力并没有大的改进，导致中游大规模开采地下水。进入下游的水先用于居延海及其周边生态恢复。黑河流域的水环境、水循环变化正在驱动新的一轮绿洲格局调整。

3 流域水问题的应对策略

3.1 提高单方水产出效益

按照《2000—2001年世界发展报告》提供的数据计算，1999年中国每立方米水产出GDP为1.9美元。仅为美国的10%，德国的4.1%。按购买力计算。我国单方水产出的GDP为美国的41.7%，日本的23.4%，德国的20%。

根据《西北地区水资源配置、生态环境建设和可持续发展战略研究（水资源卷）》中的数据，西北地区单方水的GDP产出仅为5.8元/立方米，远小于全国平均值16.4元/立方米；农业用水产出更低，仅3.4元/立方米，居全国末位。而在西北内陆河流域，农业用水量占了用水总量的93.8%。低的单方水产出效益，加之资源性缺水，已严重制约了西北经济的发展，造成了明显的生态退化。随着人口增长和经济进一步发展，这种不可持续的

状况必将愈演愈烈，导致不堪设想的后果。所以要在灌区和农田尺度上实现水资源的高效利用，在流域尺度上进行水资源的合理配置，提高单方水的产出效益，才能从根本上解决以有限的水资源支撑经济发展，保证生态安全的目的。

3.1.1 灌区尺度上水资源的高效利用

内陆河流域农业用水占有总用水量的85%以上，节水不仅有潜力，而且也是提高水利用效益、控制中上游耗水量增加的关键。做好灌区尺度节水和水高效利用在现阶段尤为重要。根据研究，灌区尺度上水资源的高效利用可分解成4个环节。

无论灌溉水还是降水首先得转化成土壤水才能为作物利用。灌溉水转化为土壤水的比例实际上决定着灌溉水的利用率。在黑河流域由于灌溉水的渠系利用率多在0.8以下（除衬砌渠道和温室外），到田间后约15%～20%下渗补给地下水。作物生长季降雨不超过灌溉量的20%。也即一般 $T_e<1$。而蒸发消耗同期土壤水20%左右。因此。改进输水设施，防止渗灌蒸发，是促进灌溉水有效利用，提高 T_e 的主要措施。

所有的水转化为土壤水后。除极少量侧渗运移外，均耗于蒸发、蒸腾和下渗，可见 $W_e<1$，黑河流域通常在0.5～0.7。考虑到蒸发间接贡献于生物产量形成、蒸腾直接形成生物量，二者的多少决定土壤水的生物利用量，因此，需要改善土壤条件。改进灌溉技术和灌溉制度，采用田间保水、节水措施，是提高田间水利用率的重要环节。

作物产量质量与蒸散量的比值反映品种的差异。采用生物技术培育抗旱、节水、高产品种是提高水分利用率的主要途径。

为满足市场、生态和社会等方面需求，在灌区尺度上进行产业内部和产业间的结构调整，促进用水结构合理，实现生物生产量的最佳综合效益。

3.1.2 流域尺度上水资源开发与实践

流域尺度上提高单方水的产出效益，需耦合水土资源、光热条件以及市场组合的需求。不能单纯追求经济效益的最大化，而需要通过优化配置，达到经济效益、生态效益和社会效益的统一。

黑河流域近年来做了如下工作。

改善植被的水源涵养功能，强调“储水于山”。一是恢复与重建植被，提高草地生产力和利用率；二是调整畜群结构和粮、经、草比例，保证水资源的合理时空配置。集成一年生禾本科人工草地与豆科牧草混播优化群落配置技术，多年生草地优化群落配置技术，退化草地补播、封育、施肥、毒杂草控制及有害生物防治等技术。整合和调整山地放牧畜牧业、河谷小块农业、绿洲规模开发是黑河流域3种主要生态经济类型结构，形成“山地-河谷-绿洲”一体化体系。

出山径流的70%以上被中游利用，又主要耗于农林系统。着眼于流域尺度的水管理，初步在临泽绿洲平川灌区进行了先导试验，以0.5亩为单位规范灌溉单元，不同作物按需供水，引导种植业结构向着低耗水高产值方向调整，实现灌区节水23%；更新林系结构、配置低耗水树种，增加雨养灌木比例，保护和恢复绿洲边缘的天然植被，建植被生态和

经济效益兼顾的人工草地等低耗水、高防护效益的林网，取得较好的生态产出效益。与以往绿洲边缘防护体系(杨树、沙枣为主)相比，节水约20%左右；发挥草畜业对大农业各组分和不同生态区域农业的关联功能，提高水资源产出效益。

黑河下游80%以上的人类活动集中在荒漠河岸林区。根据水、生态、环境、经济目标并重的原则，确定了下游地表水分配原则。实行分片、分段围栏封育，利用季节性河道来水灌溉；开沟断根，无性繁殖，结合人工育苗、造林，缩短封育恢复周期，根据胡杨的生长发育规律，确定0～60年为一个抚育更新期；划区轮牧，调整畜群结构，建设小经济生物圈，实现在绿洲结构、布局、尺度和生态系统配置上的整体水效益提高。

3.2 探索水资源的社会化管理

3.2.1 水资源社会化管理的阶段

西北内陆河流域有限的水资源高效利用，应该将水问题延伸到社会经济领域，充分认识水资源的社会经济属性，探讨社会化的水管理。水资源管理的最终目的是最大化经济和社会福利。基于水资源的社会循环研究，水资源管理的目标、视点、对策措施集和范围都有了很大的扩展。从解决水资源稀缺所运用的对策措施集及目标和视点将水资探管理阶段划分为供给管理、技术性节水、结构性节水和社会化管理4个阶段，后3个阶段也可以统称为需求管理阶段。其水管理的目标也从通过供给管理提供更多的水资源，经技术性节水强调对每滴水更多的利用，转向结构性节水强调区域内部的分配效益，最终转向社会化管理阶段强调区域外部分配效益。其中结构性节水和社会化管理阶段的目标都是希望从每滴水中产生更多的效益。

虚拟水战略是水资源社会化管理的一个典型例子，其最突出的特点是对社会资源的强调，强调为适应和缓解水资源稀缺可调用的社会资源的数量，并称之为社会适应性能力。在划分的所有阶段中，对策措施集及水管理阶段引起的冲突都将水资源问题扩展到了社会经济领域，其中结构性节水和社会化管理阶段通过制度变化、经济激励和大规模社会结构变化等对策措施集来解决水资源开发利用所引起的各种冲突问题。当视点从水资源的稀缺本身转到国家和地区社会适应性能力上时，由于水资源和社会资源之间的相互作用，水的稀缺不再是一种绝对约束。而是社会经济发展的一种驱动力。在条件具备的时候，可以通过制度变化、经济激励和大规模的社会结构变化等措施调用社会资源，来有效地缓解当前所面临的水资源压力。

3.2.2 提高水资源效益的两个问题

改进水资源的利用效益及相关资源(包括财务资源)的利用效益是水资源社会化管理的核心组成部分。改进水资源的效益主要需要处理好技术效益和分配效益这两个问题。技术效益的改进要求需求管理的干预。分配效率的改进需要考虑战略性的水分配。从水资源的社会化管理来看，无论技术效益还是分配效益的改进都需要认识到水资源的社会、环境和经济效益。

技术效益方面主要包括:1)使用者效益。提高使用者效益经常通过经济激励和技术方式来改进使用者的用水行为来取得。2)水循环和重复利用。在水资源稀缺的地区,水资源的循环和重复利用是一种比较流行的提高水资源技术效益的方式。3)供给效益。供给效益的改善通常都与改善灌溉系统的功能、城市供水设施的效益和其他水资源基础设施的效益有关。

分配效益的改善通常需要通过一系列的措施确保水资源用于最高价值的利用,如利用水市场、水权系统或其他的经济调整工具来配置区域内部水资源的分配效益;调动一切可以调动的社会资源,采用贸易途径,在更大的范围内通过虚拟水战略来间接提高区域内部水资源与区域外部水资源间的配置效益,如内陆河流域考虑水资源的经济生产率和对生态环境的价值以确保足够的环境流量。

3.2.3 水资源社会化管理的途径

(1)建立统一的流域管理机构,并健全与水有关的立法。西北干旱区水资源管理在很大程度上是一个水资源的配置问题。水资源的战略配置要求部门或利益团体的需要服从大的国家目标和区域可持续发展。这需要建立统一的流域水资源管理机构,并健全与水有关的立法来保证。

(2)公众参与。公众和利益团体的广泛参与,可以帮助决策者充分考虑水问题与其他社会经济环境问题之间的复杂的相互作用关系,在多方协作的基础上提取解决问题的方案,能较好地避免一些决策上的重大失误。

(3)社会经济杠杆的使用和虚拟水战略。水资源的社会化管理更多的是通过间接的途径在水效率上获利——如利用水价、水权等经济工具,引入合适的激励机制和补贴,调动社会资源,进口水密集的农产品,来缓解当地水资源短缺。

(4)节水型社会体系建设。建立以水权为中心的管理体系,明晰水权,调整水价,发展水市场;建立量水而行的经济体系,确保生态环境建设;建立水资源优化配置的水利工程体系;建立人与自然和谐的社会意识形态;建立节水型社会的科学技术支撑体系。

4 结论与展望

中国西北内陆河地区水资源的稀缺、人口压力以及传统的资源利用模式制约着区域发展,从而引发一系列的生态危机和环境问题。解决西北水问题必须跳出“就水论水”的怪圈,全面认识水、生态、经济的互动机理。黑河作为西北的一条典型内陆河,提供了协调解决流域水—生态—经济问题的研究和实践案例。

在流域尺度上实行中下游水资源合理分配、提高单方水的效益,应该成为解决西北水问题的主要对策。灌区农业和林业是水消耗的大户,必须提高灌溉水的土壤水转化率(T_e)、土壤水的生物利用率(W_e)和作物水分利用率(C_e),结合市场需求调整产业结构追求高生物量的产出效益(M_e);同时在流域尺度涵养水源,建设节水型绿洲,提高生态水利用率,注重流域水、生态、经济效益的统一。

流域水资源的社会化管理是建立节水型社会的必由之路。要在社会经济领域解决资源稀缺问题。社会化管理分为供给管理和需求管理。需要关注技术效益和分配效益问题,建立水资源社会化管理体系,发展耗水量少、具有经济比较优势的特色产业。

需要提及的是,科学研究的薄弱仍然阻碍着流域水资源利用率的提高。政府及管理层良好的愿望缺乏理论基础。水循环的研究不仅要在流域尺度上解决生态水循环问题,而且应该明确社会经济系统的水循环;水资源的社会化管理既要研究流域尺度的资源配置,还要探讨跨流域的资源组合;在生态与经济理念上整合水资源,形成流域生态修复技术体系与生态系统管理理念,走出内陆河具有特色的流域开发模式。

钱学森先生为草业科学开辟了一条新路

任继周*

1 里程碑性质的贡献

科学家难得，科学战略家尤其难得。钱学森先生以科学战略家的眼光为草业科学打开了一条新路。我作为草业科学工作者，抱着崇敬而感激的心情，来说说自己的感受。

农业大学里有一个学科，称为草原学。传统理解："草原学(grasslanld science，rangeland science)探讨草原资源的存在特征、草原发生与发展的规律及其开发利用的理论和技术，是农业科学的一个分支。"这里说的农业，显然是指的大农业。

这个定义说草原学是大农业科学的一个分支，但传统上把它作为农业中的畜牧科学的一个二级分支。例如上述的草原学这个词条就是列在《中国农业百科全书》的畜牧卷里。我国大学的学科系统中，也是把草原学列为畜牧科学内的二级学科。

但是遇到一个难以解决的问题。经济水平发展到现在的状况，这个学科所面临的任务，或者说它的内涵，是从草地的生境(大气、土地等自然因素)开始，到草地，到家畜，到产品，到市场流程。这是一个很长的产业系统。它的流程在农业学科各个分支中可能是最长的了。这是一个社会生产系统，而不是单纯资源性的自然再生产。

这就是说，草原学处于大脚穿小鞋的尴尬境地。草业科学的内涵超出了上述草原学的传统界限。因此，许多年来，酝酿着学科如何改一个更适当的名称，使它符合科学实际，也符合生产实际。这个问题很长一段时间没有得到解决。钱学森先生提出"草业"的概念，这就豁然贯通了。

钱学森先生于1984年提出密集型草产业的问题(内蒙古日报，1984-06-28，4版)一年以后，又对草业作了进一步的诠释："什么是知识密集型的草产业？我的意思是：以草原为基础，利用日光能量合成牧草，然后用牧草通过家畜，通过生物，再通过化工、机械手段，创造物质财富的产业(1985年6月24日在民族文化宫座谈会上的发言记录)。"这里明确指出草业不是传统认识的资源性的自然再生产，而是一个完整的行业。它包含从日光能，到牧草等饲用植物，再到动物生产，再到产品的加工流通等全部生产流程，也是产业化过程。他更具体地说："草产业的概念不仅是开发草原、种草，还包括饲料加工、养畜、畜产品加工。最后一项也含毛纺织工业"(钱学森，1990年9月17给笔者的信)。

就在这次会上钱学森先生也提到了农区草业和林区草业，对它们也寄予很大的希望。钱学森先生的草业概念，虽然是肇始于天然草原区，但没有忽视农区和林区的草业。作为

---

* 任继周，中国工程院院士，教授，博士生导师。现任兰州大学草地农业科技学院名誉院长、甘肃草原生态研究所名誉所长。本文作于2001年钱学森九十华诞之际。

一个草产业，将不同地区的同一性质的产业，以它特殊共性概括为一个完整的科学和生产范畴，就是今天我们所说的草业，它包含草原区的草业、农区的草业和林区的草业。我想这是钱学森先生对他最初提出的草产业概念的发展。

如今大学的草业科学就是按照这样一个范畴建立起来的。从此，经过大家议论，把大学的"草原学科"就改为"草业学科"。1999 年国家大幅度调整学科系统，大量合并学科门类，扩大学科领域，把 500 多个学科一下子减少到 250 来个学科。而这时却把草业学科从二级学科上升为一级学科。那就是说，草业已取得了与农业、林业并列的席位。

这应该归功于钱学森先生适应时代要求，满足科学和生产发展的需要，及时提出草产业的概念。从而为草业科学提出新的发展领域。

这得从一个故事说起。就是上面提到的那次民族文化宫草业座谈会上，我有幸与钱学森先生邻座。会上他问我："我数了数，林业有 16 个产业部门，草业有多少?"把我问住了，我说不清楚。这是一道难题。搞草业，说不清草业的内涵行吗？当然钱老就草业的性质已经有了基本的界说，但如何在具体内容上加以充实，就是我们草业科学工作者的事了。

怎样回答钱老出的这道难题？对于新型的草业，一时难以提出具体产业项目，因为在产业中它还没有充分发育成熟。但就它的范畴来看，还是有轨可寻的。后来草业学界经过一年多的思考、研究，提出了草业应包括 4 个生产层次，这就是前植物生产层（自然保护区，水土保持区，风景区，以及城乡绿地、草坪运动场等，即不以生产植物、动物产品为目的，以其景观价值贡献社会。也不妨称之为景观层）；植物生产层（牧草、各类作物、花卉、林木等，光合作用产生有机物的生态-生产行为）；动物生产层（动物及动物产品）；还有外生物生产层（产品的加工、流通等）。这个产业系统提出以后，得到大家认可，使草业具体化了。草业科学有了自己的体系，现在草业科学专业已经在全国 10 所大学设立并招生。出版了作为中级读物的《草业科学》杂志和高级刊物《草业学报》作为学科交流的园地。还出版了《草业科学研究方法》一书，提供了初步的草业科学研究的方法论。这一切应该归功于钱学森先生战略性指引。

要落实草业的四个生产层次，必须有示范区。钱老不只一次地强调示范区和产业化的重要性（钱学森，1991 年 9 月 2 日、1995 年 3 月 19 日、1996 年 1 月 6 日致李毓堂信）。

在 1992 年全国草原学会上我有一个发言，把草业的发展划分为四个阶段，每一个阶段都举出它的代表性著作。最后一个阶段草业的代表性著作就是钱学森先生有关草业的论述。可以说，钱学森先生对于草业科学的贡献是里程碑性质的。

2 严谨的治学精神

钱老是高瞻远瞩的科学战略家，这是大家公认的。但是他的平易近人，细心踏实，也是令人叹服的。

举几个例子。

例一：学会有一篇给领导的建议，钱老阅后提出："第一页的 5.6%应为 5.7%。58%

应为 57%”(钱学森,1986 年 11 月 28 日给笔者的信)。

例二:“经您审阅的贵刊 1994 年 3 期 1 页文中,17.81 km^2 恐有误!(钱学森,1986 年 11 月 28 日给笔者的信)”。经查证,果然应为 80000 km^2。误差如此之大,真是粗心之至!

第二个例子由于误差太太,有悖于常理。看出来还容易理解了。第一个例子,以钱老这样的忙人,居然能看出这样细微的数字错误,不能不令人叹服。

再举一个例子,可以看出钱老在科学问题上的执著。在英文中没有与草业相当的词,如何按照草业的原本涵义,给草业取一个英文名称,是个难题。于是请教钱老。钱老考虑周详,认为应该取一个拉丁词,可以赋予新意而不会与人雷同,也不至引起歧解。钱老提了两个词,以供选择。一是“Prataculture”,一是“Praticulture”。我对拉丁文不甚了解,虽然早年学过,但不曾像分类学家那样真正使用过,不敢定夺,于是请教熟悉拉丁文的人,他们认为植物学界通常使用“prata-”字头,表示草本的意思。我就选择了第一个,写信告诉钱老,将“Prataculture Science”定为《草业科学》的英译名,并且作为刊物的英文名称,出版发行。这份刊物得到国际上的注意,进入英国的 CAB 检索系统,传播到世界各地。过了一年多,钱老来信说应该用“Praticulture”,不用“Prataculture”。其他四业则是:农业,Agriculture;林业,Arboriculture;海业,Mariniculture;沙业,Deserticulture(钱学森,1994 年 7 月 31 日给笔者的信)。但这时 *Prataculture Science* 已经正式出版发行多时,并被收录于 CAB 检索系统,为国外部分同行所采用,更改将带来许多不便。为此,我给钱老回信说,看来语言文字一旦进入社会,它已经不属于我们了。钱老回信:“您对草业的外文的译名的意见我同意,就不再变动了。将来也就说:任继周教授为草业起了个外文名称。以此载入史册。”(钱学森,1994 年 7 月 31 日给笔者的信)这个命名权当然还是钱老的,我不敢僭越。钱老来信的意思是说同意我的不改动的意见,但 Prataculture 这个词,还是持保留态度的。既严肃地坚持意见,又礼貌地尊重别人。这件小事,也可以窥见钱老的科学家的谦逊、严谨风格。我写这一段的意思是想说明,如果这个译名有什么不妥,责任在我。

3 关怀、遗憾与信心

钱学森先生对草业的关怀是很深的。关于草业他在不停地思索。例如,有人向他征求关于“十五”草业规划的意见,他说得很具体:“一定要有草产业的试验示范点,可以设三个:北方草原一个,北方山地草地一个,南方山地草地一个。”(钱学森,1991 年 9 月 2 日致李毓堂信)

有人对内蒙古草业系统工程试点征求他的意见,钱老详细地写了 7 条:“1. 要逐步发展人工种草、施肥;2. 要逐步搞牧草收割,运到饲料加工厂加工;3. 大力发展饲料加工,现在全自治区饲料加工有发展,已将近每年约 2 亿斤,但还不够,全区将来应是数亿吨;4. 要逐步实现集中工厂饲养;5. 综合深度加工;6. 草业要包括多种饲养业,如微生物(单细胞蛋白);7. 运用系统工程搞好复杂的管理。”(钱学森,1986 年 1 月 1 日致王明昶信)

由于钱老考虑草业问题如此细致,对目前的管理水平深感不足。全国诺大的草原,只在农业部畜牧兽医司内部设了一个草原处,这个处人力最少的时候只有 4 个人。因此,他

多次建议要在国务院内部成立草业局。给国务院某一领导同志的信中说:“45亿亩的事业要用几十年的艰苦努力,不能放在眼前工作十分繁重的国家农业部去管。我建议国务院考虑设国家草业局,专管草原与草滩。将来到21世纪,国家会设草业部。”(钱学森,1989年1月24日致田纪云信)钱老在许多场合都坚定地提出,要在国务院设立草业局,给我的和给其他人的信中也多次提到在国务院内设立草业局。

但至今,已经进入21世纪了,不但草业部未能实现,连草业局也还不见踪影。这不能不说是一种遗憾。

钱老的时间很宝贵,但对草业关怀备至,几乎有问必答,有信必复。因此,我也经常去信向钱老请教。钱老也常给我来信并把有关材料转给我。信是亲笔,字迹工整,也很详尽。从与钱老的通信中,不但得到许多启发和教益,也学到了钱老平易近人、一丝不苟的风格。因此,我也就经常与钱老通信。直到1992年一次在友谊宾馆召开的会议上,走进电梯时,我问钱老,有没有可能参加一个与草业有关的会议,他说要少参加一些活动,“已经80岁了!”。这句话在我的心上重重地一击,当时的语气和神态使我终生难忘。钱老已经80岁了!时间不容浪费。从此以后,我很少给钱老写信,即使年节的问候也一律省略,以免分散他的精力,使他集中有限的时间和精力用在更重要的地方。但在这有限的通信中,他几次问到,如华西村那样,草业致富的事例有没有?到目前为止,我还没有发现草业致富达到华西村那样的例子。本来我暗暗设想,改革开放20周年时,能拿出一两个草业致富的事例,作为向党的献礼,也是向钱学森先生交的答卷。但很惭愧,也很内疚,我们处在这样一个国运昌盛、经济建设一日千里的伟大时代,直到现在我们竟无法拿出一两个草业致富像华西村那样的事例,以安慰钱老的殷切企盼。我想钱老在对草业关心的同时,也许还有少许遗憾?这就是从全国来说,国家对草业的管理还没有适应时代的要求;从基层来说,我国还没有出现草业的“华西村”。

但是,钱老对草业是信心百倍地展望未来,在他给草业协会成立大会的祝贺信中说:“所以草业协会要大力宣传知识密集型草产业即第六次产业革命的光辉前途,要看到21世纪!光明的未来!”(钱学森,1992年1月1日致李毓堂信)

欣逢钱老90华诞,写了上面一些感受,以此表示衷心祝贺之意,也是表达草业工作者对钱老的衷心感激之情。钱老这位科学大师,博大精深,对于我来说真是莫测高深。何况我与钱老接触不多,而且只限于草业方面,只能写出这些肤浅的体会,与我草业界同仁共勉。

钱学森先生草业思想的形成与发展

任继周*

在钱老逝世周年之际，我们深切怀念钱老。他对于草业的贡献有深远的战略意义。钱老作为草业的创始人，对草业的认知与时俱进、不断发展的范例也是我们学习的榜样。

1 关于“草业”的创新

1984年6月28日，钱学森先生正式提出“草业”一词。对我们草业学界来说是开辟新纪元的大事件。这一天钱学森在《内蒙古日报》上发表了“草原、草业和新技术革命”的讲话稿。

1985年6月24日在北京民族文化宫召开的中国草业问题研讨会上，他说“什么是知识密集型草业产业？我的意思是：以草原为基础，利用日光能量合成牧草，然后用牧草通过兽畜，通过生物，再通过化工、机械手段，创造物质财富的产业。产业就是高度综合的生产系统了，要利用一切可以利用的现代科学技术。也不限于生态系统，不限于生物，还有机械加工、化工生产”。

当时我正在讲授《草地农业生态系统》。草地生态系统是自然生态系统农业化的过程，包含着从自然资源经人为加工，到最终产品的流程，有着非常丰富的内涵与外延。随着社会的进步，它的内容不断扩充，早已超越了一般学科的界限，面临“大脚穿小鞋”的困境。钱老提出“草业”的概念，就将它上升到行业高度，反映了时代的进步在草业领域的发展道路和存在方式，更加体现了学科现状和前景，是产业和学科质的飞跃。

钱老草业概念的提出绝非偶然，而是将它作为第六次产业革命的组成部分。1984年12月，在中国农业科学院的一次报告中，在说到第六次产业革命时，他说要形成中国的知识密集型产业。他说中国的农业密集型产业分为五类。第一类是“农业产业”，第二类是“林业产业”，第三类是“草业产业”，第四类是“海业产业”，第五类是“沙业产业”。草业归入到第六次产业革命，这就更加加重了草业在生产、科学上的份量，在产业和学术上是全然创新。

钱老的另一创新是将系统工程思想引入草业科学。1986年7月22日他在写给王明昶的信中讲到：“系统工程是处理复杂组织管理工作的现代化科学方法”，“草产业就是一个非常复杂的生产体系，为了管好，就一定要用系统工程的科学方法”。后来又讲到，“怎样用现代科学技术发展草业？”他举了一系列具体的措施，归结为“利用系统工程的方法研

---

* 任继周，中国工程院院士，教授，博士生导师。现任兰州大学草地农业科技学院名誉院长、甘肃草原生态研究所名誉所长。本文作于2010年钱学森逝世1周年之际。

究并创立中国式的现代化草业和现代化草业系统工程”。随后钱学森先生又亲自促成了中国草业系统工程委员会的建立。

钱老还创造了“草业”一词的英译文。草业要走出国门，对外交流，需要英文译名。笔者写信给钱老征求草业的英文译名，他建议草业的英译名应取拉丁化名字（钱学森，1986年5月9日致任继周信）。这个意见很高明，它不同于任何现有英文词汇，以防歧义，同时也表达我们的创见。他提出仿农业的 agrictlture，将草业译为 praticulture 或 prat-acuture，而且还将草业系统工程定为 Pratacultrual System Engineering，有的同志担心外国人看不懂，钱老以系统工程创建人的权威，果断地回信：“Pratacultrual System Engineering 一词不能改，要教育洋人。教育的方法是在论文英文稿一开始加一段解释。其实在外国连系统工程是什么，也是模糊的。”（钱学森，1990年8月30日致王明昶信）钱老科学战略家的宏大气魄和坚定的信心，令人肃然起敬！

钱老在“草业”上的诸多创新，无疑给我们后来者众多启示。

2 钱老草业思想的发展

建国后，钱老放弃国外的优越生活，毅然回国发展航天事业。这段时间，他经常去西北（甘肃、新疆、内蒙古等地），对这些地方的自然条件、经济发展和人民生活状况有第一线的接触。他认为建国后虽然有很多措施建设西部，但并未与农业基础结合起来（钱学森，2000年3月28日致江泽民信），立足于西部的现状，在钱老心中萌生了草产业、沙产业的建设构想，随后他提出了建立农业型知识密集产业的第六次产业革命理论。

草业应该包括哪些地方？1985年6月24日钱老参加在民族文化宫召开的中国草业问题研讨会上，他讲到：“按《国家草原法》的意思，草原包括草山、草坡、草地。那就不只是43亿亩了，全国大概还有13亿亩草山、草坡、草地，它们是在农区和林区的草业生产基地。”后来钱老写给我的信中又进一步说：“我想在草原上大规模经营的产业才是草业。至于在农田或林地附近、间隙的草地，其经营是农业或林业的一个组成部分，不属草业。”（钱学森，1986年5月31日致任继周信）他给王明昶的信中也说：“南方草地，不是草原，只能作为农产业或林产业的一个组成部分。”（钱学森，1986年7月22日致王明昶信）从这段话可以看出两个意思，一个意思是43亿亩草原是钱老所说的草业的主体；至于在农区与林区的13亿亩草地应该由农业和林业管。不属于草业的范围。在这一时期，钱老将草业的范围限定在天然草原上，除此之外的可利用草地资源，则属于传统农业或林业部门管辖。

后来钱老有关草业的理论对草业系统有所拓展。李毓堂同志作为系统工程委员会的会长，向钱老汇报草业系统工程进展时说到，“几年来我们搞了一些初级的草业系统工程试点，一种是小范围的试点，如内蒙古敖汉旗和北京密云县的草业系统工程项目；另一种是大范围的试点，如湖南、湖北、贵州、内蒙古、新疆等省、区的草地畜牧业的综合项目。试点结果表明，项目是成功的”。钱老表示：“这是真正的草产业。”（1989年3月24日与李毓堂谈话记录）这时钱老已明确表示将农区与林区的草地纳入到草业的范围中来。后来

钱老的草业内涵扩大到了全国，如钱老 2000 年给江泽民总书记的信中讲到："当然草产业不光是西北省区的事，即使在西南和全国其他省区，也有大量山坡不宜农耕，要退耕还林、退耕还草。适宜植树的植树，适宜长草的种草。不能一刀切"。（钱学森，2000 年 3 月 28 日致江泽民信）钱老的草业思想内容与今天我们所认知的草业空间范畴已经完全一致了，它既包含牧区与非牧区草业、又囊括南方与北方的草业。

将系统工程理论引入到草业中是钱老草业思想的又一重要贡献。草原管理、草业生产需用系统眼光，才能认识清楚，措施得力。用钱老的话说，就是用系统工程方法来解决复杂的工程。我受到钱老的启发，提出了 4 个生产层理论。随后我将两篇发表不久的文章（任继周，胡自治，张自和. 草业科学研究的现状与展望. 国外畜牧业——草原与牧草，1993；任继周，万长贵. 系统耦合与荒漠-绿洲草地农业系统，草业学报，1994，1(8)）送呈钱老审阅。他的回信中有这样一段话："您两篇文章都很好，把草业的外围社会和生态环境都讲透了。您也引入了系统的概念和信息概念。它们是相辅相成的。一切大规模的活动都离不开系统和信息。"（钱学森，1994 年 10 月 23 日给笔者的信）这两篇文章实际上包含了草业科学发生发展的三类因子群和四个生产层，以及生产层之间的系统耦合，是对草地农业生态系统简略的全景阐述。这无疑表明，在钱老的思想照耀下，将草业科学的系统、信息以及生产等社会因素纳入其中，从而完成了草原科学向草业科学的蜕变，草业这个大系统成为一个独立的行业——草业。

钱老的草业思想表述经过上述的发展，极大地推动了草业理论的形成与完善。我们将钱老列为从草原科学上升到草业科学的代表人物，他是当之无愧的。

3 向钱老学习

3.1 科学的创新与自信

"科学家难得，科学的战略家尤其难得。"这是我献给钱老九十寿辰拙作的第一句话。钱老作为科学战略家，令人敬佩。

钱老工作繁忙异常，抽出一些宝贵的时间用在这些"冷门"上，而建树之丰，令人惊叹。单就草业而论，他提出了"草业"概念，使原来的草原科学往前迈进了一大步：首先将草业列为新产业革命的内容；在草业中引入系统工程理论，是草业科学重要的方法论，其科学性屡次得到验证；创立了适用于草业的英译词汇。这系列贡献展现出钱老敏捷的科学思维，开阔的视野，以及能够勾划出学科领域关键所在的能力。

与创新相对应的，是钱老的自信。他认定的科学目标，不轻言放弃，敢为天下先。我举三个与钱老通信中的例子：

(1)1989 年国际理工研究所授予钱老"小罗克韦尔奖章"，我写信向他表达祝贺。钱老回信："美国佬给我发奖章，我觉得没什么。因为对一个中国科技工作者作评价，最有权威的是人民而不是美国的什么评审委员会！"（钱学森，1989 年 8 月 19 日给笔者的信）

(2)上文所说的，创立草业词汇，钱老说"要教育洋人"。

(3)对草业的未来信心百倍。在他给草业协会成立大会的贺信中说:"所以草业协会要大力宣传知识密集型草产业即第六次产业革命的光辉前途,要看到21世纪!光明的未来!"(钱学森。1992年1月1日致李毓堂信)

3.2 务实与发展

从实践中来,到实践中去,是钱老一贯的做事风格。他从航天科学到草业科学,跨度很大,他在草业上的诸多建树,实际上是他在经过一线调查后,在科学领域开辟的一块新阵地。

钱老在草业上的每一个新理论,无不是先与草业工作者交流,听取大家的意见,再在实践中验证。报纸、杂志、新闻节目有关草业的报道、讲话,钱老都收集、整理,交付草业协会或有关人员,以供交流、留存。草业学界也将重要的草业出版物、论文交与钱老审阅,请求反馈意见。钱老对草业的了解很深入。依据最新的发展情况,他对草业的系统知识做了不少的拓展,例如南方草业,就是钱老在实践的基础上加进去的。草业系统工程,也是得到全国多个地方试点验证的。

3.3 系统的眼光

由局部到全国,将草业纳入到一个大系统是钱老的首创。要落实草业的四个生产层次,必须有示范区。钱老不只一次地强调示范区和产业化的重要性(钱学森,1991年9月2日、1995年3月19日、1996年1月6日致李毓堂信)。例如,有人向他征求关于"十五"草业规划的意见,他说得很具体:"一定要有草产业的试验示范点,可以设三个,北方草原一个,北方山地草地一个,南方山地草地一个(钱学森,1991年9月2日致李毓堂信)。"

钱老深感要想发展好草业,管好草原,必须站在全国的高度看待问题。应该有一个总揽全局的机构。他对目前的管理水平深感不足,全国诺大的草原,只在农业部畜牧兽医司内部设了一个草原处,这个处人力最少的时候只有4个人。因此,他多次建议要在国务院内成立草业局。给国务院同志的信中说:"45亿亩的事业要用几十年的艰苦努力,不能放在眼前工作十分繁重的国家农业部去管。我建议国务院考虑设国家草业局,专管草原与草滩。将来到21世纪。国家会设草业部。"(钱学森,1989年1月24日致田纪云信)钱老在许多场合都坚定地提出,要在国务院设立草业局,给我的和给其他人的信中也多次提到在国务院内设立草业局。

如今我国草原遭受巨大破坏,没有将草原视为一个大系统来管理是主因,钱老给我们开创的系统思维,绝不能淡忘,要千方百计,坚决贯彻。

3.4 虔诚的敬业精神

钱老对于草业关怀备至,几乎有问必答,有信必复,一丝不苟。因此,我也经常去信向钱老请教。钱老不但每信必复,还常把有关材料转给我。信是亲笔,字迹工整,也很详尽。从与钱老的通信中,不但得到许多启发和教益,也学到了钱老平易近人、一丝不苟的风格。

直到在 1992 年的一次在友谊宾馆召开会议上，走进电梯时，我问钱老，有没有可能参加一个与草业有关的会议，他说要少参加一些活动，“已经 80 岁了！”，这句话在我的心上重重地一击，当时的语气和神态使我终生难忘。钱老已经 80 岁了！时间不容浪费。从此以后，我很少给钱老写信，即使年节的问候也一律省略，以免分散他的精力，使他集中有限的时间和精力用在更重要的地方。好在有了李毓堂同志代表草业系统工程学会与他保持联系，探讨草业问题，汇报草业试验项目进展。钱老不辞辛劳，关注逾恒，有时回复洋洋洒洒数千言，对草业的关切之情，洋溢字里行间。

钱老去世后，我到钱府灵堂吊唁这位不世出的科学家。钱老的家掩映在一栋上世纪修建的苏式建筑之中，非常整洁、简朴，空间狭小，甚至略显局促。而钱老多次谢绝搬迁，就是在这个地方完成了诸多的科学创新，多么难得！钱老离开我们已经一年了，我们草业人永远缅怀钱老，将牢记钱老的遗志，推动草业事业不断向前发展。

向钱老致敬！

甘肃民勤县引种肉苁蓉发展沙产业的实践与思考

郑国锠* 贾鹏飞

甘肃省河西地区地处青藏、蒙新、黄土三大高原交汇处，东起乌鞘岭，西至甘肃与新疆交界，从东向西延伸约1100公里。曾是古老“丝绸之路”的重要组成部分，也是我国经济、文化发展较早的地区之一。民勤县位于甘肃省中部地段，河西走廊东部北侧的石羊河流域下游，东西北三面环沙，分别被腾格里沙漠和巴丹吉林沙漠包围，是防止两大沙漠合拢扩张的重要屏障。

民勤地理条件十分特殊，十地九沙，94.5%的土地属于荒漠化土地，是我国防风治沙的重要基地。经过几十年的艰苦奋斗，民勤人民已经在广大的沙区种植了大面积的梭梭林与红柳林，尤其是梭梭林总共有上百万亩，在防风固沙方面取得了显著的成绩，但是多年来一直苦于没有办法从红柳和梭梭中获取经济收益，将生态效益转化为经济效益。

近年来，随着民勤当地气候环境的变化和人为因素的影响，由于石羊河上游来水锐减，地下水位下降，土地沙漠化严重，生态环境持续恶化，民勤的沙漠化进程和环境恶化进一步加剧。民勤县生态环境恶化的严重程度，引起了中央、省、市的高度重视，社会各界十分关注。温家宝总理在6年内对石羊河流域综合治理多次作出重要批示：“决不能让民勤成为第二个罗布泊。”石羊河流域生态综合治理迫在眉睫，事关国计民生。民勤问题更是得到全社会的关注。

大芸，即肉苁蓉，列当科植物，多年寄生草本植物。常常生于沙漠中的梭梭、红柳、白刺、沙拐枣及蒿类等植物根部，依靠这些植物供给养料和水分。它在沙质土壤中，不见阳光能长到50厘米～75厘米。在地下生长时，没有叶，不进行光合作用，所以无叶绿素合成。出土后，抽苔的苗茎开始进行光合作用而合成叶绿素，使黄褐色的鳞片变成青紫色。大芸主产于甘肃、新疆、内蒙、青海等省区的沙漠中。

大芸在年降水量不足40毫米的沙漠干旱地区能生殖繁衍，是与它的种子及寄主梭梭等灌木的顽强特性分不开的。自然界的大芸种子脱离蒴果飞落沙地以后，由于环境干燥，长期不会腐烂。种子随风到处飘游，一旦遇到寄主梭梭等灌木的毛根细胞，它们结合在一起，就长出大芸芦头。因靠灌木主根吸收深层的地下水，使大芸芦头得以生长发育。芦头得到充分的养料和水分逐渐变粗，梭梭根也逐渐长大。芦头可以一连多年长出大芸，而大芸却是当年生长当年成熟。我们祖先很早就知道大芸可食用，而且是一味补肾壮阳、药力持久的滋补中药材，故被誉为“沙漠人参”。《神农本草经》称其主治“五劳七伤，补中，除体

* 郑国锠，中国科学院院士，兰州大学教授。

中寒热痛，养五脏，强阴，益精气，妇人症瘕，夕服轻身”。《名医别录》言其除膀胱邪气，腰痛，止痢。《甄权药性本草》中有“益髓，悦颜色，治女人血崩，男人壮阳，大补益，主赤白下”的记载。新疆的维吾尔族医生也将大芸列为滋补药。同时大芸能有效地防风固沙，改造沙漠，阻止沙丘向南移，防止良田沙漠化。有资料表明，近年来大芸野生资源遭到毁灭性破坏，产量锐减，供不应求。

目前，新疆、内蒙古等地区已经大量人工栽培大芸，不但经济效益可观，而且对改良环境生态和促进农业产业结构调整以及医药业发展有积极推动作用。实践表明，目前大芸种植已经成为一个经济效益显著的新产业，它可以为解决民勤生态问题及为贫困的西北干旱地区的人民实现小康带来新的希望。

为此我们于 2004 年 5 月向甘肃省委书记陆浩同志提出建议书：在甘肃省民勤地区实施“红柳引种大芸和锁阳等国家稀有保护植物(药材)”开发和研究项目的可行性研究报告。同年陆浩同志批示在民勤进行“梭梭大芸种植项目推广发展”的项目。从 2005 年 4 月起，经过兰州大学生命科学院细胞所近三年的实验和努力，我们在民勤的实验取得成功：我们在甘肃民勤建设了“梭梭引种大芸试验和研究示范基地”，基地的大芸的接种率高达 90%；同时我们在民勤县昌盛农牧场、湖区沙漠区等地还指导当地农民人工种植大芸近 2000 亩，大芸的接种率和长势都非常良好。

通过这几年在民勤的实践，我们认为，在民勤人工种植大芸，可以有效地解决日益严峻的民勤生态问题。

首先，它可以带来良好的生态效益。

要从根本上改善民勤生态，关键在于节水，有水民勤就是绿洲，无水就是荒漠。梭梭大芸每年浇 2～3 次水，每次浇水不超过 2 立方米，是粮食作物亩用水量的 1/100。节水功能明显，是农民节水增收的好途径，梭梭、大芸枝繁叶茂，纵横交错，防风固沙，涵养土壤水分，所以进行人工种植梭梭大芸，既能节约地下水资源，防风固沙；又能涵养水土，防止土地沙化，形成一道天然绿色的生态屏障。是实施石羊河流域生态综合治理和改善生态现状的有效措施。

其次，在民勤人工种植大芸可以带来积极的社会效益。

实施梭梭大芸种植项目，是坚持科学防沙治沙，全面推进节水型社会建设的重大举措和贯彻石羊河流域生态综合治理，调整农业产业结构，发展生态节水农业政策的典范。

该项目既符合民勤关井压田的要求而又不减少经济收入，同时也增加了财政税收，还能够改善民勤生态环境，是实现发展民勤县域经济的财源项目，坚持社会可持续发展战略的重要途径，在促进民勤经济增长方面具有带头作用且能够以点带面，推广发展。所以，梭梭、大芸项目在民勤县生态治理和经济建设上具有重大的现实意义和深远的历史意义。

最后，在民勤人工种植大芸还可以带来可观的经济效益。

栽植梭梭生长两年，嫁接大芸生长两年，四年后，每年冬、春季采收时，只要不破坏根基，第二年便会自然生长出新的肉质茎，周而复始。因此，只要种植一次，便可连续收获 10 年以上。梭梭大芸每亩收获成品 200 公斤左右，市场价格每公斤已上涨到 60 元以上。

即 1 万亩×200 公斤/亩×60 元/公斤＝12000 万元。除去采挖、晾晒、加工、销售，和劳力等费用支出 2000 万元（每亩 2000 元），每年净收入 10000 万元。因此，经济效益十分可观。

根据往年市场分析，大芸的开发潜力和市场需求非常旺盛。目前市场上已开发出众多大芸相关产品，在日本及东南亚国家，大芸需求量也非常大，且大芸市场价格逐年上升，在国际国内市场上供不应求。

通过近几年的实践，我们也发现在民勤地区大规模进行人工种植大芸，目前还存在一些问题需要克服。

首先，要进一步加强整个产业链的延伸，研究开发高附加值的下游产品，如保健品、药品等，这样就可以将大芸的价值尽可能地提升，摆脱农民只能出售最初级产品、获得较低收入的不利状况。

其次，鉴于人工种植大芸前期投入较大，应该由政府出面，进行组织引导，并提供必要的财政扶持，鼓励广大农民进行种植，以期能迅速形成规模种植效应。

通过这些年在民勤地区进行人工种植大芸的实践，我们有理由相信，该项目一定会成为当地的一项农业支柱产业，为地方经济和社会发展做出贡献。同时有效地解决日益严峻的民勤生态问题。

中国荒漠化的演变过程

李吉均*

自20世纪70年代末中国改革开放以来，经济建设与人民生活水平显著提高，所取得的成就在中国近代史上是空前的，在世界范围也不多见。但是，鉴于中国是在人口众多、耕地和其他自然资源人均占有量很低的条件下进行现代化建设，工业交通和建筑业的迅速发展必将对生态环境造成巨大的人为破坏，而人口增多与土地减少又将使中国粮食安全成为严重问题。因此，从改革开放之初，国内外均有不少学者预言：中国的环境恶化、粮食缺乏将是未来中国极难解决的问题。有的人（如L.布朗）甚至提出21世纪“谁来养活中国”的问题。现在已经进入21世纪，看来当年的预言是落空了，L.布朗等人的担忧是多余的。近年来由于农业科技的进步，加之中国人的食物结构也随着生活水平的提高而发生了变化（更多地食用肉类、水果等），因而尽管粮食减产，但并未引起粮价上涨，国家的储备粮反而更多了。这简直可以说是一个奇迹，是使政府和人民都感到十分欣慰的好事。

但是，关于中国生态环境恶化的预言则不幸被言中。继20世纪90年代末黄河断流、长江大洪水、淮河水质严重污染等之后，2000年高频率的沙尘暴天气席卷中国东部人口稠密地区，既造成了重大经济损失，也严重危害了人民健康。应当说，2000年的高频率沙尘暴天气既与当年大气环流形势有关，也和改革开放后北方与西北干旱区的农业发展迅猛有关。

中国过去向来是南粮北运的，但20世纪90年代末期，北方特别是农牧交错带反而成为产粮的重要地区。例如内蒙古，改革开放之初的1978年粮食产量仅为499万吨，人均粮食仅为274公斤。但是，到1997年全自治区的粮食总产量已达1421万吨，人口虽然增加，人均粮食仍达611公斤。从这一数字中不难看出必然是扩大耕地、开垦草原的结果。我曾经在同一时期到过阴山北麓，未能见到南北朝时期《敕勒歌》中所说的“天苍苍，野茫茫，风吹草低见牛羊”的景象，见到的只是大片大片裸露的被开垦的土地。这土地为粮食增收做出了贡献，但毫无疑问也为沙尘暴提供了大量的粉尘来源。同样的情况也发生在河西走廊。河西走廊自改革开放以来已经建设成为甘肃省的粮仓，以全省19%的耕地提供了全省近1/3的粮食和70%的商品粮。但是，由于河流中游绿洲大量用水，致使下泄到额济纳旗和民勤等下游绿洲的河川径流大量减少，造成湖泊干涸，胡杨林大片死亡，荒漠植被急剧萎缩，耕地弃耕，因而90年代以来，黑风暴频繁发生，造成很大的经济损失和人员伤亡。诚然，自然灾害的发生，天然因素是不可抗拒的，但人为的不合理行为如滥垦、

---

* 李吉均，中国科学院院士，兰州大学教授。本文是作者为《中国沙漠与沙漠化》一书写的序言，收入本书时文字略有改动。

滥牧及过度樵采则是完全可以由人类社会实行自我调节的。近年来我国政府在西部地区实行的退耕还林(草)和生态建设工程,正是针对这一问题提出的合理政策。

要使党和政府的政策落到实处,没有科学技术的支持是不行的。我们高兴地看到,近年天气预报也增加了关于沙尘暴天气的内容,政府职能部门和科技界也纷纷提出研究与防治的对策。在《国家重点基础研究发展规划》(973 项目)中也及时列入了“中国北方沙漠化过程及其防治研究”(项目编号:GT000048700),其目的在于:总结过去几十年的沙漠研究成果,在此基础上继往开来,把中国沙漠及沙漠化的研究和防治推进到一个更新和更高的水平。

中华人民共和国成立以来,政府对中国沙漠化问题一直十分关注。20 世纪 50 年代后期曾展开全面的中国沙漠及风沙危害的调查,其后又成立了专门的研究所(如原中国科学院兰州沙漠研究所),地方研究机构及治沙站也纷纷成立。几十年来已经培养和造就出了一批优秀的科研骨干,在治沙工作中不仅取得铁路治沙(中卫沙坡头)及沙漠中修建公路的突出成绩,得到我国政府和联合国的褒奖,吸引了不少第三世界以及西方国家学者的关注,而且在理论方面也颇有建树。例如,我国西北的沙漠地处中纬度的亚洲腹地,是温带沙漠,与北非、中东处于副热带回归线附近的沙漠很不一样。过去外国人多以距海洋遥远即“大陆中心”来解释,或加上喜马拉雅山等的“雨影”效应。我国的科学家们则另辟蹊径,把中生代以来亚洲中部干旱区的演化分为几个阶段,现代沙漠是和青藏高原的隆起直接相关的。正是由于青藏高原的隆升才出现亚洲季风的格局,亚洲冬季风促使沙漠扩张,在塑造沙丘的同时,也把细的粉尘物质高高扬起,吹到外围的草原地带,堆积成巨厚的黄土,中国的黄土高原就是这样形成的。因此,青藏高原隆升、西北沙漠扩大和黄土高原形成是这一地质过程的同一因果链的不同环节。这样就正确解释了中国北方自然环境分异的规律,是一个科学认识上的重大进步。仅举此一例,即足以说明我国沙漠研究已经取得了重大进展,远非昔日可比。当然,较之我们面临的艰巨任务,要实行西部大开发,把占 1/3 国土的干旱区利用起来,既要利用又要保护,我们的知识和技术储备都显得很不充分。要认识现状已经不易,在全球变暖的条件下,如何预测未来,采取何种应对措施,都需做进一步的研究,这正是国家批准设立“中国北方沙漠化过程及其防治研究”项目的原因。

发展草地农业，实现草畜强省

南志标* 侯扶江

甘肃是我国的草地资源大省，有天然草地1790万公顷，仅次于新疆、内蒙古、青海、西藏、四川等省(区)，是全国六大牧区之一。草地占全省土地总面积的39.4%，是耕地的3.3倍，林地的4倍，是全省最大的陆地生态系统和主要的畜牧业生产基地。广阔的草原与森林相匹配，具有不可替代的生态环境效益。草地与农田和水域共为人类食品的三大重要来源。据甘肃省农牧厅统计，全省天然草原饲养着全省羊单位总数的49.4%，生产了全省45%的牛羊肉，60%的污毛和30%的牛奶。目前，全省90%的天然草原发生了退化，其中中度以上退化的面积占全省可利用草地的78%。因此，遏制草原退化，实现草地资源可持续利用，是落实省委省政府提出的建设草畜强省战略目标的重要途径。

草地农业是任继周院士20余年前提出，为国内外广泛接受，并在实践中取得巨大效益的一种现代农业系统，其理论是钱学森知识密集型草产业理论的重要组成部分。最近，甘肃省委省政府提出要“大力发展现代农业，培育壮大特色优势产业”，草地农业便是适合甘肃发展的这种特色优势产业之一。它是以草地资源为基础，从事资源保护利用，提高植物生产和动物生产及其产品加工，获取生态、经济和社会效益的基础性产业。根据发达国家的经验，在现代化农业系统中，动物生产在农业生产总量中不低于50%～60%(任继周，1995)，栽培草地与天然草原的面积比增加1%，动物生产水平增加4%(任继周等，1999)，这就是典型的草地农业系统，它是一个多层次的农业系统。以钱正英院士为组长的中国工程院西北水资源项目组在其综合研究报告中指出，“在西北地区草地农业和特色农业是农牧业发展的主要方向。草地农业系统以畜牧业为支柱产业，并以此为基础开发相关产业，如草原旅游业、草产业、畜产品加工业等。其主导思想是将土地资源的恢复保护和生态农业的系统建设同步发展，导向生态经济系统的良性循环，走向可持续发展。”在甘肃这样一个草地资源丰富，人工种草历史悠久，但自然条件严酷的草地大省，实施草地农业是实现草畜强省的必须途径之一。

1 休牧是退化草地恢复的有效措施

草地农业系统由多种生物构成的多级营养体及其环境共同组成，在一定范围内生物多样性与草地生产力线性相关。在甘肃环县典型草原，草地植物种数22个/平方米左右，在此范围内，草地生产力随植物种数而增加(侯扶江等，2002)。当草地生态系统受到干扰

* 南志标，中国工程院院士，兰州大学草地农业科技学院院长，教授。

时，其本身具有自我修复、自我调节的能力，从而保持系统的稳定性，但当外界干扰超过其忍受限度时，便出现草地退化。草地退化过程中，首先是土壤微生物与无脊椎动物多样性减少，随后草地生物量下降，动植物多样性减少，植物种群变坏、动物区系简单化，直至草地消失。

休牧是恢复退化草地的有效措施之一，绝大多数退化草地均可通过不同时期的休牧得到恢复。实际上，科学的划区轮牧系统及我国传统的放牧地季节轮换，均是通过放牧＋休牧实现草地可持续利用，两者共同构成放牧管理的核心技术体系，缺一不可。据新闻媒体报道，内蒙古、宁夏的很多过牧退化草地，“禁牧”1～2 年后，草原状况大为改观，这就是休牧的效果，是人们不自觉地运用了休牧这一技术的成果。根据对环县草原的研究，生长季休牧 2 年的草地生物量基本与封育多年的草地持平，物种数量差异不显著，优势种与亚优势种相同。这说明，休牧是恢复退化草地的有效措施，就像水产业休渔是为了获得渔业系统可持续发展，休牧是为了更好地发挥草地的多种功能，而不是完全放弃一部分功能，仅满足另一部分功能。

据笔者研究，甘肃省中东部地区黄土高原的干草原，开垦后撂荒，需要 9～12 年时间便可恢复草原的基本结构与功能(侯扶江等，2002)。河西走廊和阿拉善地区以红砂、梭梭和霸王等为优势种的中度退化草地，围封 3～8 年便基本可恢复。甘南中度退化的高寒草甸，需要围封 2～3 年(南志标等，2008)。

2 适度放牧是维持草原健康的主要措施

家畜是发展中国家农村人口的主要收入来源，放牧是饲养家畜，利用草地，最经济有效的措施。据联合国粮农组织、国际家畜研究所和国际食品政策研究所 2000 年联合开展的研究表明，巴西、埃塞俄比亚、印度等发展中国家，高收入家庭和低收入家庭牧业收入的比重分别是 64％和 37％、24％和 6％、15％和 7％。据此，该项研究提出在全球范围内开展一场家畜革命，推进畜牧业生产，并希望收到像种植业绿色革命带来的社会进步。草地和家畜，在长期的历史进化过程中，形成了协同进化的关系，有什么样的草地，便有与之相适应的家畜，舍饲条件下的高产家畜在放牧条件下，难以表现其优越的生产性能，反之亦然。我们在甘肃景泰干旱草原所做的研究表明，优良的裘皮品种滩羊，若改全放牧为全舍饲，其生产性能、裘皮质量均显著下降，而半舍饲对其生产力则影响不大。

良好的放牧管理，是最基本、最适用的草地培育措施。适度放牧的草原可以长期维持稳定生产性能不致衰败，但放牧不当，也可以使草地变坏。如放牧过轻，将导致杂草、灌木丛生，植物学组成变坏。草、畜之间高度的相互依赖性，存在复杂的互作机制。放牧家畜的作用主要有：传播种子，破除种子休眠，促进种子与土壤紧密结合，防止表土结皮，加速牧草繁殖；刺激草丛分蘖和营养物质积累，保持其旺盛生机，引发牧草补偿性生长，提高系统初级生产力水平；保持草地良好的植物学成分；保护生物多样性，维持草地稳定；截断有害生物的生活史，加速系统内元素循环，维持元素平衡。放牧家畜自由采食，全价营养，家

畜健康，畜产品质量也很高，是最廉价的绿色畜产品。发达国家的研究表明，草地休牧 2 年后，适度放牧与完全不放牧的草地，在防止水土流失、改善生态环境方面几无差异。我们在环县草原的试验表明，暖季放牧强度 5.33 羊/公顷的草地，划区轮牧 2 年后，牧草产量比不放牧的围封草地高 9.4%，物种数量只少 1.8 个/平方米，5 个最主要的植物种及其在群落中的优势度排序相同；单位草地面积的畜产品产量，与放牧强度 2.67 羊/公顷的草地相比，18 月龄和 30 月龄的滩羊分别高 78.7%和 58.6%，基本与 8.33 羊/公顷的草地持平（分别低 10.6%和 2.2%，差异不显著）。可见，在合理休牧的前提下，适度放牧能够维持草原健康，是实现生态与经济效益、草与畜双赢的主要措施。

3 农田种草是实施草地农业的必要条件

栽培草地是现代农业发展的主要标志之一，栽培草地面积与天然草地的比例每增加 1%，天然草地的生产力至少提高 4%。美国和澳大利亚的栽培草地占天然草原面积的 10%～17%，新西兰草地面积的 70%是栽培草地，其放牧利用年限能持续 30 年以上。甘肃素有农田种草的优良传统和产业基础，20 世纪 70～80 年代，甘肃大力种植红豆草，“反弹琵琶”，种草种树，发展畜牧，改造山河，治穷致富。近 10 年来，随着西部大开发战略的实施，甘肃的农田种草进一步发展，据省农牧厅资料，全省苜蓿种植面积占全国总面积的 35%，栽培草地面积位居全国第二，栽培草地占天然草原面积的 6.8%，高于全国平均水平。我们的研究表明，农田种草可充分利用水热资源，多年生苜蓿对水分的利用效率是小麦的 3 倍。同时，具有很好的经济效益，与种小麦相比，农田种草，或种草养畜，其纯收入分别是小麦的 1.5 倍和 4.5 倍，而且水土流失得到控制，土壤有机碳显著增加。当前，迫切需要在“水土流失甲天下”的陇东黄土高原实施农田种草，草田轮作，建立巨型畜牧业基地。在河西走廊充分利用其独特的资源建立牧草种子基地，实现农民增收，环境改善，生产发展。

4 系统耦合是联系 4 个生产层，实现草地资源可持续利用的根本途径

草业的系统耦合理论最早由任继周院士于 20 年前提出。不同的生产系统之间发生结构性和功能性的结合，形成复杂的、高级的、可控性更高的生产系统（生产共同体），产生经济效益的放大，这就是草业系统耦合。我省草原建设迫切需要加强两个方面的横向系统耦合。一个是地区间的系统耦合，这是草业生产与草畜产品市场的耦合，如以临夏为核心的青藏高原-黄土高原草地农业耦合系统。另一个是地区内，不同产业生产系统的耦合，这是生产资源优化重组、产业结构调整完善的动力。如种植业生产系统-草原畜牧业生产系统的系统耦合，前者为后者提供补充饲料，确保草原季节性休牧，耕地人工种草可以看作是维持草原健康的“营养补品”和恢复退化草地的“秘方良药”；后者为前者提供待育架子畜，提高耕地的能量、水分、土地利用效率，草原通过出栏家畜保持畜群结构的动态优化，耕地通过家畜育肥实现生产的多功能性。再如，加工企业规模化生产系统-农户生

产小系统的耦合，这是以龙头企业带动产业发展的模式，许多地方奶业的发展都采用这种模式，关键是培植龙头企业。其实，小农户的标准化生产也能培育龙头企业，过去这一点不被国人重视，国外许多城镇的部分肉、奶产品供应往往被周围几个农场小作坊垄断。

系统耦合可以释放草原多功能性的生产潜力，譬如草地-家畜放牧系统耦合带动草原风情旅游，草畜系统-加工流通系统耦合带动草业产业科技观光，等等，这是草业系统不同生产层次的纵向耦合。前提是要有完善的草地农业生产层次，在甘肃，当前要紧的是加快实现不同区域间的草-畜系统的耦合和产品加工与流通耦合(即建立外生物生产层)。

5 甘肃省草业发展建议

基于上述原则性考虑，当前，甘肃省草业发展可以利用陇东黄土高原和河西走廊的产业基础，率先发展，带动全省。

5.1 建设陇东黄土高原巨型畜牧业基地

陇东地处黄土高原的核心地带，虽有“陇东粮仓”之美誉，是欧亚大陆的交通枢纽和西北地区的农产品集散地。但90%的耕地分布在10°～35°的斜坡上，地块破碎、狭小、分散，水土流失面积达91%，侵蚀模数平均为35000吨/平方公里。10多年来，结合实施国家退耕还林(草)、天然草地保护、退牧还草等重大生态工程，以平凉为中心的畜牧业基地建设已经取得成效，种草养畜，养牛业已经初具规模，平凉红牛集团已经成为甘肃省农业领域的龙头企业，“平凉红牛”成为全国唯一的活牛类证明商标。截止到2007年底，平凉市牛产业总产值达到17亿元，80%的农户养牛，人均每年从草畜产业获得现金收入810元，种草养牛成为平凉市农村经济的主导产业。而且，水土流失的恶化趋势得以遏制。

截止到2008年底，陇东地区紫花苜蓿等牧草种植面积已经占到耕地总面积的44.6%，肉牛和羊的饲养量分别达到155万头和271万只。甘肃省启动了“打造陇东南能源走廊”的战略，可以为草畜产业发展提供充足的资金、便利的交通条件和巨大的产品市场。因此，在整个陇东地区，用科学技术升级现有产业模式，在黄土高原建立全国的巨型畜牧业基地，既发展草畜产业，又为能源等其他产业发展提供生态保障，条件和时机已经成熟。

5.2 建立河西走廊山地-荒漠-绿洲耦合系统

河西走廊由祁连山发育了黑河、石羊河、疏勒河等水系，是内陆干旱地区的“高山水库”。河流在冲洪积平原上哺育了武威、张掖、酒泉、敦煌等一系列绿洲，最终消失于荒漠。历史上，在人类活动和自然过程的共同作用下，高山、绿洲、荒漠分别为各个河流所串联，逐渐耦合为链状的山地-荒漠-绿洲复合农业生态系统。这些纵向的复合系统又为铁路和公路串联(古代还有“丝绸之路”)，依次排列于河西地区。荒漠子系统构成复合系统的生态背景，山地子系统是水源地和牧业生产基地，绿洲子系统则为复合系统的能流与物流枢

纽。当前，河西的山地和荒漠的草地面临着过牧退化的巨大压力，绿洲则主要面临沙漠化威胁和土壤次生盐渍化，通过山区与绿洲、荒漠耦合，绿洲反哺山地。适应河西走廊的基本生态格局，“牵一发而动全身”，任何一个子系统出问题，都造成整个流域复合农业系统的灾难。民勤荒漠化便是最突出的实例之一。因此，河西走廊的基本生态格局是进行系统耦合的理想场所，面临的现实问题则是建设山地-荒漠-绿洲耦合系统的巨大社会需求。

关于遏制中国草原持续恶化，改变草原牧区贫穷落后状况的几点建议

洛桑灵智多杰*（藏族）

我国草原——资源总数多，人均少，生产水平低。中国天然草原面积3.93亿公顷，约占国土总面积的41.7%。从面积来看，草原占国土面积的2/5，超过耕地与森林面积之和，是耕地面积的3.2倍、森林面积的2.5倍。中国草原资源总量大，但人均占有量少，人均占有草原为0.33公顷，仅为世界平均水平的一半。且国内各省区分布不均衡，西藏自治区人均占有草原面积最多，人均高达30公顷以上；其次是青海省，人均占有草地6.91公顷；再次是新疆和内蒙古自治区，人均占有草地分别为2.93公顷和2.84公顷；其他各省人均占有草原在0.5公顷以下。

我国草原——承载人口多，多民族聚集，生物资源丰富。我国有近4亿人口生活在北方草原区和南方草地区，其中北方天然草原区的人口将近2亿人。我国1.2亿少数民族人口中，70%以上集中生活在草原，他们世世代代在草原上繁衍生息，以草原为家、以草原为生，并创造了灿烂的草原文化。草原是重要的动植物基因库。我国已知草原饲用植物6700余种，其中，属于我国草原特有的饲用植物约有500种。我国草原上繁衍的野生动物2000多种，其中有40余种国家一级保护动物和30余种国家二级保护动物。

我国草原——过度利用严重，草地、家畜都退化。根据农业部草原监理中心公布的资料，我国天然草原鲜草总产量9.38亿吨，折合干草约2.94亿吨，载畜能力约2.30亿羊单位。我国牧区草原平均超载36%，比上世纪80年代增加18个百分点。草原长期超载过牧使牧草生产覆盖度下降，土壤结构遭到严重破坏。天然草原的面积每年减少65万～70万公顷。目前我国草地载畜量合计约5亿～6亿多绵羊单位，超过全年合理载畜量约20%。2005年全国牛、羊饲养量分别是1978年的2.7倍、3.5倍。草原面积不断萎缩，草原质量不断降低，致使家畜超载现象日益严重。内蒙古、新疆、青海、甘肃、四川、西藏六大牧区，2005年牛羊饲养量是1979年的3倍。目前，全国草原平均超载牲畜34%，较上世纪80年代增加了17个百分点，牧业及半牧业县77%处于家畜超载状态。北方广大牧区冬季草地已超载50%，少数地区已超载1～15倍；南方草地大约30%利用过度，30%轻度利用，40%尚未利用，有待开发。此外，草原家畜品种退化，良种化程度不高，出栏速度较慢，畜产品商品率较低，也是制约草原经济发展水平不高的重要原因。一些地方片面追求

---

* 洛桑灵智多杰，中国藏学研究会理事长，青藏高原生态环境问题专家，出版了多部学术专著，曾任中共甘肃省委常委、政法委书记，甘肃省副省长。

经济效益，乱采滥挖草原野生植物资源，违法开垦和征占用草原等现象也较为突出。

我国草原——退化成灾，愈演愈烈，恶性循环。目前，中国草原可利用的共有 43 亿亩，但草原退化现象比较严重，有 90%的可利用草原已有不同程度退化，并且正以每年 200 万公顷的速度扩张。中国草原畜牧业仅占农业产业结构的 5%，而发达国家的平均值为 60%以上。草原生态的不可持续性造成环境和社会经济发展的不可持续性，势必要求我们改变目前的生产方式和饮食结构。在退化的草原中盖度降低、土地沙化、盐碱化等中度以上明显退化的草原面积占到 50%。草原质量和生产能力不断下降，平均产草量较上世纪 60 年代初下降了 1/3～2/3。自上世纪 50 年代以来，全国累计开垦草原约 2000 万公顷，其中约一半已被撂荒成为裸地或沙地。一些地方不合理开采草原水资源，致使下游湖泊干涸，草原及其外围植被不断消失。我国草原火灾、旱灾、鼠虫害、雪灾等自然灾害也十分严重，近 10 年来，平均每年发生草原火灾数百起，草原鼠害面积约 4000 万公顷，草原虫害面积约 2000 万公顷。草原生态的恶化，严重危及整个生态系统的安全，导致沙尘暴频发，土壤荒漠化、石漠化日益严重，水土流失不断加剧，每年来自草原的泥沙已占到长江泥沙量的 35%。我国北方草原主要分布在干旱、半干旱地区，占全国草地总面积的 69.80%。在可利用草地中近 60%的面积已经退化，约 1/4 的草地已严重退化，并以每年 2%的速率在加速退化，是资源与环境的重大问题之一。

我国草原——贫穷落后集中区，生产水平低，经济发展慢。我国草原地区总体上还较为贫困，60%以上的贫困人口生活在草原地区；592 个国家扶贫开发重点县中，70%以上分布在草原地区；266 个牧业和半牧业县中，79 个是国家级贫困县，占 30%；70%以上的老区县也在草原地区。草原地区农牧民年人均纯收入只有全国农民平均收入的 70%左右。这些地区自然条件恶劣、生态环境脆弱、交通不便，经济发展受到严重制约，是我国建设新农村、构建社会主义和谐社会的重点和难点。我国草原经济总体发展水平较低，一方面，经济结构不太合理，经济增长主要依靠草原畜牧业。在草原经济中，来自草原畜牧业的份额约占 90%，而草产品生产、加工、贸易只占 10%左右；另一方面，在草原畜牧业中，经济效益的增长又主要依赖家畜数量的增加。

我国草原——国家经济建设盲区，投入少，重视更少。1978—1999 年国家投入草地建设的资金累计为 21 亿元，平均每年每公顷草地投入 0.30 元。1990—1997 年中央和省、地直接投资甘南牧区草地建设资金约 1069 万元，每亩草地平均每年投资不到 0.04 元。青海省“九五”期间平均每亩草地国家和州县投入资金 0.15 元。据四川省资料，1975 年投资甘孜、阿坝草地建设的资金平均每亩不到 0.002 元；2000 年国家和地方平均每亩草地投入 0.05 元，仅占当年每亩森林投资的 1%，占每亩耕地投资的 1.9%。投入与产出极不平衡，草地生态环境继续恶化，草地畜牧业的可持续发展受到严重威胁。

针对我国草原目前的生产压力过重、环境恶化速度加快、区域发展缓慢、建设投入严重不足等状况，我们应该采取坚决、有效的措施，逐步逆转我国草原地区环境、经济恶化的趋势，以稳定我国 40%多的国土，保障我国国土安全，社会稳定。

学习了人民科学家钱学森上世纪 80 年代提出的草业科学构想，应用钱学森创立的工

程控制论和系统工程的科学方法,根据中国草原的现状和存在的问题,我们建议:

(1)建设草原可持续利用、发展的强有力的法律保护系统。强化草原使用、保护的法律化建设,包括相关法律条文、执法体系的建设。我国草原资源的使用较为混乱,再好的资源,没有强有力的法律体系,草原资源也将永无好转之日。

(2)加强草原保护区建设,以保护区机制促草原生态建设的形式要大力推广。我国保护区数量达2000多个,其中以草原为主题的自然保护区屈指可数,这在我国国土40%的面积上十分难堪,而且涉及草原的保护区质量较差。草原资源在我国首先具有生产的性质,开发利用与保护在落后的草原地区很难得到协调。而保护区建设拥有强有力的法律及执行体系的保障,所以以保护区机制进行草原生态建设在我国草原保护上具有重要推广意义,更何况我国草原在自然保护区重要性上意义也十分重大。因此,加大我国草原自然保护区建设,是草原保护的重要措施。

(3)尽快建立真正的减畜模式和机制。我国草原生产水平低,但草原承受的生产压力巨大,这与我国草原生产模式和传统生产体制十分密切。多年来推广的网围栏工程,只是草原使用权的划分手段,在减畜、轮牧等方面毫无建树,没有做到真正的减少数量,减少压力。因此,从根本上减少载畜量,提高生产力,应该从生产体制和生产制度上进行逐步改变,提高当地居民财产意识,扩大收入来源,拓宽经济发展渠道,是减轻草原压力的重要举措。科学利用草原的措施要深入推广,坚持推广,从生产利益上入手,逐渐改变生产方式。

(4)建立草原牧区经济的保障体系。草原牧区不应只靠天吃饭,应该有所保障,自然气候风调雨顺则经济好,灾害发生时期应该也有重要保证措施。我国草原牧区居于我国边疆地区,自然气候较恶劣、多变,建立家畜饲草储备库体系是重要的措施,是牧民经济生活系统安全的重要基础。

(5)建立草原牧区居民新型城镇化培育体系。随着我国草原交通日益便利,牧区居民已经逐渐认识到现代化进程是牧区发展的重要推动力量。那么国家层面上就应该在基础设施建设上加以辅助,所谓培养"下一代"我国草原的目标,就是把培养"四有"型我国草原主人的目标放在未来一代、两代,这样在城镇化体系的支撑下,自然保护区支撑下,我国草原地区就逐渐向具有民族特色、原生态特色,同时具有现代化思想和设施的新型居民区发展。这也是"发展才是保护的出路"思想的体现。具体应发展以完善现有城镇建设,城镇基础设施建设,特别是高水平的教育体系、高水平的民族文化传播体系建设为主导的新型城镇培育系统。

(6)建立国家强有力的草原管理体系。草原是占我国国土面积41%的地表资源,在我国具有重要的战略意义,而目前却比任何一个地表资源承受痛苦。一是抗拒着荒漠化的重要威胁(森林和农田在草原的保护下得以生存);二是遭受着人类生产的劫持(森林和农田的生产性保护体系显然比草原健全)。但是这样一个攸关我国国土安全、生态安全、生产安全、边疆稳定的地表资源的管理、保护的职责不明确、不具体。管理部门不完善,管理体系不健全,管理人员不专业,管理力量不强大,这是我国草原独特的境地。尽管欧美国家也没有单独的草原管理部门,但看他们的管理人员、设施与他们的草原格局、地位,我

国与之相差悬殊。因此，为了我国国土安全、生态安全、生产安全、边疆稳定，我们国家建立单独的草原管理直属体系就十分必要。我国草原的资源重要性更加突出，战略地位更加重要，但其管理部门却更加薄弱，从本人对我国草原资源与草原管理体系面临的问题的研究和长期以来的体会来看，建立国家独立的草原管理直属体系十分重要。多少年来，我国对占据 41％的资源（草原）的确关心不够、投入不足，因此本人建议从管理体系上着手。

践行沙产业,实现绿洲经济持续发展

王　涛*

2000年中共中央和国务院做出了“西部大开发”的战略部署,在实施西部大开发十年之际,又相继出台了《中共中央、国务院关于推进新疆跨越式发展和长治久安的意见》、《国务院关于支持青海等省藏区经济社会发展的若干意见》、《国务院办公厅关于进一步支持甘肃经济社会发展的若干意见》。新疆、青海、甘肃均处在我国西北干旱区,经济进一步发展靠什么,重要的是根据其地理位置、社会经济基础、资源特点和优势,本着“实事求是”的原则去寻找可持续发展的经济增长点。

1　西部干旱区社会和经济发展的基础是绿洲

中国干旱、半干旱地区(不计青藏高原高寒干旱区)总积约455万平方公里,占全国总土地面积的47%。之所以称之为干旱区,气候干旱、降雨不足是其基本属性。在这里,人类生存发展和从事社会经济活动的主要场所只能是绿洲,特别是由灌溉形成的人工绿洲是干旱区的精华所在,虽然面积仅占干旱区面积的3%～5%,它却养育了干旱区90%以上的人口,创造了95%以上的工农业产值。绿洲亦是未来我国干旱区可持续发展研究的最主要领域。

绿洲是一种独特的地理景观,指在干旱荒漠中有水源,适于植物生长和人类居住,可供人类进行农牧业和工业生产等社会经济活动的地区。一般呈带状或点状分布在河流两边、洪积扇边缘地带、井泉附近及有高山冰雪融水灌溉的山麓地带。这些地方植物生长良好,林木葱郁,流水潺潺,与周围沙漠、戈壁景观迥然不同,犹如散布在广袤沙漠中的绿色岛屿。古代称绿洲为“沙中水草堆或水草田”,名句“沙中水草堆,好似仙人岛”就是对绿洲的生动写照。近代不少学者又把绿洲称为“沃洲”或“沃野”,即沙漠、戈壁中水丰、草茂、土肥的肥沃土地。

干旱地区绿洲为人类的社会进步与发展曾经做出过巨大的贡献,是人类文明的发源地之一。北非古埃及的金字塔及尼罗河流域与西亚两河流域(底格里斯河和幼发拉底河流域)的绿洲文明就是证明。我国古代丝绸之路就是由沙漠和绿洲串联起来形成的,丝绸之路的存在也是绿洲对人类社会进步做出重大贡献最好的证明。

通常,按人类活动强度和对自然环境的影响程度将绿洲划分为天然绿洲、半人工绿洲和人工绿洲。天然绿洲是在自然条件下形成的,人类活动对其无影响或影响微弱,如大河

---

* 王涛,中国科学院寒区旱区环境与工程研究所所长,研究员,国际沙漠研究协会主席。

沿岸的河谷林、河流下游及扇缘潜水溢出带的茂密荒漠林和大片芦苇沼泽地等。半人工绿洲是指人类经济活动起着一定作用,或对天然绿洲进行某种加工的绿洲,例如受到人工灌溉可供打草、放牧的河谷草场,在人工特殊保护下恢复生机的次生河谷林。人工绿洲则是在人类的开发经营活动起着决定性的作用下形成的,原有的自然生态系统已彻底或基本发生改变,如农田绿洲、城镇和工矿型绿洲。

天然绿洲、半人工绿洲、人工绿洲的划分也与人与自然的关系紧紧地联系在一起。对绿洲来说,人与自然的关系主要体现在人类利用水资源技术几次革命性的进步与发展。

天然绿洲的存在,为人类的祖先提供了最原始的栖息场所与生存条件,也创造了人类最初的文明。考古资料表明(贾兰坡,1951,1979;汪宇平,1956),地处鄂尔多斯南部毛乌素沙漠的萨拉乌素沿河地区,由于河道低洼,水源富足,水草丰美,小气候条件适宜,不仅吸引了大量的动物聚集,同时也为"河套人"的生存创造了条件,从发现的"河套人"化石及石器看,他们在数万年前就已在此聚居从事狩猎与采集活动。大致与此同时期或稍晚一点的还有宁夏灵武县的水洞沟文化遗迹和呼和浩特市东郊大窑村、前乃莫板村的石器制造场遗址。这些表明,干旱、半干旱区早在2～3万年以前就已有了人类的生存与活动,并创造了古老的文化。随着时间的推移,干旱荒漠地区人类的活动就更为普遍了。例如,在新疆克里雅河流域的上游发现有8000多年前中石器时代人类活动的遗迹。南北疆沙漠边缘如吐鲁番的雅尔湖、乌鲁木齐附近的柴窝堡以及天山南北麓的木垒、奇台、库车、巴楚、博斯腾湖沿岸,昆仑山北麓的皮山、于阗等地,也都有中石器时代人类活动的遗迹。甘肃河西走廊发掘有新石器时代的大湾、马家窑、马厂、齐家、沙井子、火烧沟等文化遗址。这一时期人类与自然的关系是人类完全依附于自然,紧紧依靠天然绿洲,依赖生存于天然绿洲上的动植物资源来生存,逐水草而居,先是狩猎、捕鱼、采集为主,逐步过渡到游牧与农耕并举,形成特有的绿洲文明。那时的小片耕地分布在河湖岸或泉水下方,靠河流发洪水或河湖壅水期来自流灌溉,收与不收完全靠天由命。后来逐步发展到利用简陋的工具从河、湖中汲水灌溉。

2000多年前,中央王朝(汉)在河西走廊建立郡县,大量移民进入从事土地开垦活动,促进了东西农业种植技术、作物物种的交流,在土地开垦活动中多种取水技术的发明创造,也促进了开垦和其他农业技术的发展。从最早的两人"水斗"泼水到一个人可以操作的"吊斗"取水等提水器械的进步,人们采水的深度和范围不断扩展。据可靠资料,到东汉时期中国已普遍使用"龙骨车"提水灌溉,这是一种木质的可以由两个人踩踏作动力的提水工具,使绿洲灌溉农业得到第一次飞跃式的发展。但这时的提水工具仍然比较原始,提水深度有限,土地开发的范围限于内陆河下游和中游靠河岸较近区域。蓄水引水技术也不断提高,"柴禾坝"已出现。更值得一提的是坎儿井技术引流山前的地下水自流灌溉绿洲,在汉代司马迁《史记·河渠书》就有记载(申元村等,2001),这是一种直到现在还值得学习和借鉴的技术。

随着社会的发展,人们的提水技术和工具不断发展,首先是马、牛等牲畜动力替代了人力,提水机械也逐步铁器化。上世纪50年代开始普遍使用的解放式水车就是一种马拉

的抽水机械。一方面是以燃油和电力为动力的机械在提水中普遍使用，提水机械也日益更新，都使得人类对水资源利用的范围和深度不断更新，绿洲的范围也不断扩大，绿洲不断向内陆河上游甚至山区拓展，也带来了内陆河上下游发展失调，下游绿洲因缺水萎缩，地下水超采，水位持续下降等严重的生态问题，以及相伴的社会和经济问题；另一方面是人工筑坝修渠以控制水资源使用的性质和数量，如水利化高潮中各内陆河流上大型水库的建设。水库蓄洪灌溉，发挥了对水资源的季节性不平衡进行调节的功能。配套修建的各级渠道全面改变了自然河道的面貌，人工渠系替代了内陆河的自然河道，使河流发展到完全人工化的阶段。这是绿洲农业技术的第二次技术革命，完成了绿洲从半人工绿洲到人工绿洲的过渡。河流的渠系化和提水工具的完全机械化，伴随着农田耕作机械的普遍使用和交通运输现代化等对绿洲经济发展起到主导的作用，一个个现代化的人工新绿洲迅速地在干旱区扩展开来。但是，由于干旱区有限的水资源及其在特定经济和科技基础上的承载能力与各项事业发展对水资源需求间的矛盾凸显出来，也造成了严重的生态环境和社会经济问题。

2 干旱区绿洲地区的资源优势和瓶颈

我国干旱半干旱区有着丰富的土地资源。根据《中国 1：100 万土地资源图》提供的土地资源数据，西北干旱区和内蒙古半干旱区现有耕地 1229.76 万公顷、林地 734.00 万公顷、牧业用草地 12262.45 万公顷，尚有后备耕地资源 1582.11 万公顷、后备林地资源 3548.77 万公顷、后备牧业用地资源 646.07 万公顷(吴正 等，2009)土地资源十分丰富。

我国干旱与半干旱区由于多晴朗天气，年日照时数大多在 2 600～3 400 小时间，日照百分率达到 60%～80%，据此求出沙区年总辐射量大多在 130～200 千卡/平方厘米之间，仅次于青藏高原，而远远高于其他地区。高太阳辐射量为农业生产提供了充足的光能资源，其中特别是西部沙漠地区的太阳能资源具有极大的开发潜力。

热量资源是人类生产与生活所必需的资源，地球上的热量来自太阳辐射。而温度是直接影响作物生长的重要因素。我国沙漠地区平均气温除塔里木盆地和吐鲁番盆地可超过 10℃外，其他地区多在 10℃以下；南疆塔里木盆地的年≥10℃的积温在 3500℃以上，吐鲁番盆地最高可达 5000℃以上，其他地区多在 2000℃～3000℃。热量的分配是夏季最高，春秋季次之，冬季最少，和太阳能在时间上的分布是一致的，可谓光热同期，有利于对气候资源的开发利用(丁国栋等，2002)。

地理位置决定了我国有三个大风区域，位于西北干旱区和内蒙古半干旱区的中蒙边界地区是分布最广的大风区域，广阔的戈壁、山口和高台地是有效风功能率最高的地区。有效风速年累积时数多在 4 000～5 000 小时，年平均有效风能密度多在 150～200 瓦/平方米。中俄、中哈和中蒙边境地带，风能资源很丰富，可供应风能大多在 22 080 千瓦/年以上。在新疆有"百里风区"、"艾比湖风精"，在甘肃瓜州有"风库"之说，在内蒙古有年大风日数(风速≥17.2 米/秒)超过 50 天的阿巴嘎玄武岩台地。

将太阳辐射能转换成热能的方法有很多，如太阳能热水器、太阳灶、太阳能烘干机、太

阳能温室、塑料大棚、农田地膜、太阳房等在西部遍地开花。近年利用太阳能发电在我国获得了大发展。太阳能发电包括太阳能光伏发电和太阳能热发电。前者是太阳能通过光伏电池板直接转换成电能，后者是太阳能电池板吸收阳光将水加热成水蒸气发电。而我国的沙区干旱缺水，太阳能热发电显然不符合实际情况。而光伏电站因发电过程中不需要水，但需要大量的安装场地和强的太阳辐射，很适合安装在我国沙区，而我国有 68.4 万平方公里的沙漠和 57 万平方公里的戈壁，除了新疆北部的古尔班通古特沙漠以外，年总辐射 5000～7000 兆焦/平方米，仅次于青藏高原，高于我国其他地区。高值区出现在两个地方：一是南疆塔克拉玛干沙漠，年总辐射量在 6 000～6 500 兆焦/平方米之间；二是在内蒙古高原西北部的额济纳旗一带，总辐射量在 6 500～7 000 兆焦/平方米之间。现在约 90%以上的已建和正在建设的大型光伏电站都分布在我国的西部沙区。2009 年 12 月 31 日，全国首个光伏并网发电示范项目——甘肃敦煌 10 兆瓦并网光伏电站并网发电，标志着我国大型太阳能电站的建设步入了新阶段。2010 年国电宁夏平罗光伏电站项目一期并网发电。

我国风能资源丰富。2004 年，气象科学研究进行了第三次陆上风能资源普查，陆上风能资源总储量为 43.5 亿千瓦，其中技术可开发量为 2.97 亿千瓦。现代大型风机高度已超过 50 米，50 米高处的风能密度（瓦/平方米）为 10 米高处的 2 倍，也就是说中国 50 米高处风能技术可开发资源约为 5.94 亿千瓦。主要分布在东南沿海及其岛屿、内蒙古从阴山山脉以北到大兴安岭、新疆阿拉山口、新疆达坂城—甘肃河西走廊和松花江下游、张家口北部等地区。上述内陆地区大都被沙漠和戈壁覆盖。这些地区风季风速达到 5～6 级以上是常见的。特别是在北部的中俄、中哈和中蒙边界地带，以及内陆一些山隘、峡谷风口地带，如新疆的七角井和十三间房以西的所谓“百里风区”，以及河西走廊有“风库”之称的安西等地，风速特大，风能资源丰富。从已建、在建和计划修建的风电场位置分布状况可以看出，中国的风电场主要分布在上述风能资源丰富区。国家发改委初定风电发展规划目标为 2015 年全国风电装机容量累计将达到 1500 万千瓦，2020 年全国风电装机容量累计达到 3000 万千瓦。其中内蒙古和新疆两地风能蕴藏总量占全国 70%以上，可装机容量共 1.9 亿千瓦，相当于 10 多个三峡电站的装机容量。2008 年 8 月装机容量已达 700 万千瓦。沙漠戈壁地区的风力发电事业也大有可为。

我国沙漠戈壁地区，盆地中有着丰富的煤炭、石油天然气等沉积矿床，周围山地有着多种金属矿床。

我国的沙漠大部分分布在盆地里，是盆地性沙漠。这些盆地的绝大多数系继承性的盆地。因此沙漠下面埋藏着丰富地煤炭、石油、天然气等能源沉积矿床（吴正 等，2009）。2005 年全国煤炭的基础储量 3373.4 亿吨，其中五成储藏在北方干旱半干旱地区；我国沙漠地区仅新疆就有克拉玛依、塔里木、吐鲁番-哈密等大型油气田。南疆塔里木盆地大部分被塔克拉玛干大沙漠覆盖，蕴藏着丰富的油气资源，探明油气资源总量 160 亿吨，被誉为“我国石油工业的希望”。北疆克拉玛依油田也属于超过 10 亿吨级特大型油气田，目前产油量列我国陆上油田的第四位。被库布其和毛乌素两大沙漠覆盖的鄂尔多斯盆地不仅

煤炭资源丰富，还埋藏着丰富的油气资源，它的原油产量目前列我国陆上油田第三位。尤其鄂尔多斯地区还是一个巨大的天然气库，整个盆地远景天然气蕴藏量达10.7万亿立方米，占全国天然气资源总量的26.3%，也是我国第一个探明储量上万亿立方米的大气田，目前所产的优质天然气正源源不断地输向北京、天津、西安、太原、银川等大中城市，支撑着这些城市的工业和民用，还作为"西气东输"的补充气源输向长三角和珠三角，在这些地区的经济发展中发挥重要作用。

我国沙漠地区富含多种盐类、石棉等非金属矿床，青海柴达木盆地已探明的钾盐、镁盐、芒硝、锂矿、锶矿等11种矿产保有储量均居全国首位，硼矿、溴矿等5种矿种居第二位，自然硫、天然碱、铉矿、铟矿等7个矿种居全国第三位。仅氯化钾的保有储量4.4亿吨，占全国的96%。新疆的芒硝加工产品元明粉生产规模30万吨/年，产量是全国的1/3。食盐的储量11.82亿吨，总价值443.25亿元。内蒙古不但有闻名全国的吉兰泰盐池、雅布赖盐池，全区天然碱总储量有1亿余吨，较大的天然碱湖有40多处，尤以库布其沙漠区碱湖最多，探明储量6 000万吨。依托资源优势培育了伊化和亿利两个上市化工企业集团。其中伊化集团控制着全国95%的天然碱，位居全国化工行业10强。

沙漠是气候的产物。沙漠的气候特点是降雨稀少。水分贫乏不但是生态环境脆弱的根本原因，缺少水资源也是制约干旱半干旱地区经济发展的瓶颈。

据统计估算，我国西北干旱区（包括内蒙古中西部）年平均降水总量仅4189亿立方米，平均降水深度只有148毫米，且降水分布不均，山区多平原少，塔克拉玛干沙漠腹地的年降雨量只有20～30毫米。西北和内蒙古内流河的年径流量1059.54亿立方米，平均径流深度不足10毫米，集中全部水源，也远远不足绿洲经济发展的需求，因此出现了超采地下水资源，引起绿洲植被大范围萎缩，危及生态安全。甘肃河西走廊目前的净用水量43.33亿立方米，缺水0.95亿立方米，其东部的石羊河流域净用水量17.46亿立方米，缺水3.2亿立方米，水资源紧缺，供需矛盾突出，供需比0.81∶1。下游民勤水资源严重不足，地下水超采严重，平均年超采地下水量3.0亿～3.5亿立方米，地下水位以每年0.5～1米的速度下降，从上世纪60年代后期到世纪末，有3万多公顷土地被迫弃耕。

3 西部经济持续发展依靠沙产业

钱学森先生的沙产业正是针对我国西北和内蒙古的资源状况提出来的指导性思想体系，为干旱区绿洲社会经济持续发展指明了方向。钱老说："我过去在搞'两弹一星'试验时，常去西北地区（包括甘肃、新疆、内蒙古等）出差"，"对那里的自然条件、生态环境、经济发展和人民生活的状况是了解的。""戈壁沙漠干旱少雨，干旱少雨的另一面是阳光充沛。这是西北地区农业发展的不利和有利条件。问题是我们过去对不利条件看得重，故侧重于'治理'，搞植树防沙、堵沙等。这是对的，也有成绩，但有点消极。对阳光充沛这样的有利条件，则没有注意从积极的方面去利用和开发。"钱老还提出对待沙漠"不仅是'治理'，更重要的是'开发'，将治理蕴含于开发之中，这就是我提出的开发沙产业的指导思想"。"多采光、少用水、新技术、高效益"的沙产业技术路线就是针对西部光热资源丰富，水资源

贫乏这一现实情况提出的。

钱老还说："实施西部大开发战略，自然起点要高。所以我提出的林产业、沙产业和草产业，都强调是知识密集型的，要把现代科学技术，包括生物技术、信息技术都用上。而且一开始就搞产业化，形成生产、加工和销售一条龙，并注意综合利用。这种高技术产业化的农业，实际上已和工业及经贸、服务等第三产业结合起来了，所以可以做到对农业生产实行工厂化管理。由此发展起来的小城镇，已大大缩小了工、农之间以及城、乡之间的差距。这也是我过去说的信息技术革命和生物技术革命所带来的必然成果。按照这种思路发展的结果是，我国西部地区不仅将摆脱贫困，而且将在21世纪的中后期，迈向共产主义的康庄大道。"

现在中央提出推进新疆跨越式发展后，西部不少省份相继提出"跨越式发展"或"进一步发展"的规划。邓小平理论的核心是"实事求是"的思想，西部省份一定要认清自身的自然条件、生态环境状况、经济发展和人民生活状况，根据自然资源的优势和瓶颈，规划自己的发展项目，切不可盲目追求高速度、高水准，把跨越式发展搞成再一次的"大跃进"。

除了"多采光、少用水"的高科技现代农业，这里指的农业还包括了发展经济林木和舍饲牧业等，应为大农业，利用沙漠戈壁地区的气候(光热和风)能源、油气和煤炭资源发展能源工业和相应的装备制造业、碱化工和盐化工。其实，沙子本身就是一笔财富，高纯度的石英砂可以用来制造玻璃，沙灰砖技术在一些地方民居建筑中早就获得应用。

近几年，西部各省区已经在不断发展沙产业。除了上述光伏发电、风力发电发展迅速外，我们还看到新疆塔里木盆地利用光热优势发展的大田枣，并在进行根灌试验，大棚式农业在祁连山下、天山南北和贺兰山下推广开来。

绿洲持续发展的出路在于重视生态建设，实施沙产业，实现西北和内蒙古干旱和半干旱区跨越式发展依靠践行钱老的第六次产业革命——沙产业。

对沙产业科学内涵的认识

刘 恕*

1 沙产业的提出

1984 年,时任国防科工委科技委副主任的中国科学院学部委员钱学森,应邀就新技术革命和产业革命方面的问题做过多次讲演,阐述了一系列独到的精深见解。1984 年 2 月,钱学森在系统地回顾了人类文明的发展史后提出“人认识客观事物进程有飞跃的时候,这个叫科学革命”,“人改造客观世界在技术上有大的进步,大的变革,叫技术革命”,“有了科学革命,有了技术革命,最后它直接作用到生产,就会引起生产关系、生产结构的变化。当这种变化从量变到质变,有了飞跃,这个时候就出现了产业革命”的论述。同年 5 月 10 日,钱学森在给吕宗耀同志的信中提出产业革命的各次排列为:第一次,农牧业的出现和兴起,大约在公元前七八千年;第二次,商品生产的出现和发展,大约在公元前 1000 多年;第三次,大工业生产,始于 18 世纪末 19 世纪初;第四次,国家以至跨国大生产体系,始于 19 世纪末 20 世纪初(这是我们要补课的那一次产业革命);第五次,电子计算机、信息组织起来的生产体系,即将到来的产业革命;第六次,高度知识和技术密集的大农业,农、工、商综合生产体系,可能出现于 21 世纪的中国。

1984 年 3 月钱学森在 507 研究所作的《工业革命的挑战和我们的对策》长篇报告中指出:“从 18 世纪末 19 世纪初在国外的那一次产业革命都是在集中利用煤、石油、天然气,现在利用核能。”而对最大能源太阳能未能充分利用,一年中太阳光照辐射到我国 960 万平方公里土地上的能量相当于消耗 16000 亿吨煤,“现在的问题是大量地浪费了,就是说太阳能没有得到充分利用,作为低温辐射,又到太空了,人没有用到”。“我们要用科学技术把农业变成一个高度知识密集的技术性生产体系”,“把农业真正放到现代科学这个水平上来搞,建立高度知识密集、技术密集的、高效能的大农业体系。”明确指出了农业生产发展的方向是个高度知识密集的农业体系。1984 年 5 月,在中国农业科学院召开的第二届学术委员会会议上,钱学森应邀以《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》为题,论述他所指的“农业型的产业是指像传统农业那样,以太阳为直接能源,靠地面上植物的光合作用来进行产品生产的体系。”在生产过程中,“一方面充分利用生物资源,包括植物、动物和微生物,另一方面又利用工业生产技术,也就是把全部现代科学技术,包括新的技术革命的成果,利用起来。不但技术现代化,而且生产过程组织得很严密,一道一道工序配合得很紧密,是流水线式的生产。这就是农业型的知识密集产

* 刘恕,曾任甘肃省副省长、中国科协书记处书记和中国科协副主席,沙漠研究专家。

业。”他认为,“既然说是知识密集型的产业,那就要充分运用自然科学、社会科学、工程技术,以及一切可以运用的知识来组织经营它。”这将成为在社会主义中国21世纪出现的第六次产业革命。按钱学森先生论述的第六次产业革命的农业型知识密集产业,将依其生产空间分布的区域差异,类分成农产业、林产业、草产业、沙产业及海产业。正是在这篇论文中,钱学森首次提出了沙产业的概念。指出沙产业是以太阳为直接能源,靠植物的光合作用来进行产品生产的体系。

钱学森上述关于沙产业的概括,可谓简洁扼要、明确清晰,为以后人们把握理解、充实发展沙产业奠定了理论基础。

1984年间,钱学森有关沙产业的诸多见解虽都已见诸报刊,但人们对他的论述不能立即认识和理解。我们身为专业的沙漠科学研究人员,当时对“沙产业”的认识也仅停留在肤浅的字面了解上。显然沙产业是新的科学概念,人们对它是否具有对尚未出现的事物超前预见的理论品格以及指导实践的价值缺乏了解,这些都需要理论自身的完善和在实践中经历时间的检验。理论是系统化了的理性认识,科学理论的意义和作用在于能引导人们沿着一个正确的方向实践。时过20年后,一些实践效果证明,钱学森关于沙漠戈壁开发利用的科学构想有生命力和可操作性,正在指导着我们沿着一个正确的方向,开发利用沙漠戈壁上丰沛的阳光资源。实现着“变不毛之地为沃土”的理念。

2 沙产业的基本特征

20世纪90年代,我国开始了有关沙产业的研讨和实践活动,钱学森对沙产业的概念也有了进一步的阐述。他曾指出,“沙产业就是在不毛之地搞农业生产,而且是大农业生产。这可以说是一项尖端技术!”“发展尖端技术的沙产业,就是利用现代生物科学的成就再加水利工程、计算机自动控制等前沿高新技术,一定能在沙漠戈壁建设成历史上从未有过的大农业,即农工贸一体化的生产基地”。并预言,沙产业“将创造上千亿产值”。综合钱学森有关沙产业的论述,沙产业的内涵可归纳如下。

2.1 沙产业的内涵

(1)沙产业是在“不毛之地”上进行的农业型生产。沙产业是在那些用传统的农业生产手段难以创造效益的“不毛之地”上,借助于新技术通过光合作用固定、转化太阳能,因而不是已有绿洲种植业的技术改进,是地区特点与现代技术相结合的新型农业生产体系。

(2)沙产业是知识密集型的大农业。沙产业采用的农业技术和手段,是建立在新技术革命的平台上的新开拓,是依靠“尖端技术”,依靠科学技术的集成、集合。不再是传统农业的手段和方法。

(3)沙产业在创建过程中将经历和体现出科学革命、技术革命、产业革命的深刻意义和作用。沙产业不是某项单一技术的推广,某种先进方法的采用,而是生产力的大提高,生产体系、组织结构的飞跃。而“变不毛之地为沃土”则形象地描绘出努力方向和生产活动的区域范畴。

按照钱学森院士的构想,"沙产业属第六次产业革命,是21世纪中叶才能开花结果的。"半个多世纪跨度的未来期间,整个科学和技术的快速进展将使得生产体系产生难以准确预期的巨大变化。因此,今天讨论沙产业的内涵,无论概念和技术路线,都只能涉及一些最基本的原则。

2.2 沙产业涉及的最基本的原则

(1)按照钱学森沙产业理论的界定,沙产业的发展将围绕着利用绿色植物的光合作用来最大限度地固定转化太阳能进行,因而将不毛之地——沙漠戈壁地区与农田、草原、林地、海洋并列,统一认定是地球表层接受阳光的辽阔表面。这一辽阔表面,坐落在地球表层赤道南北一定范围内,具有天赋的、充沛的阳光资源的阳光地带,潜伏着发展农业型产业的高生产力要素。沙产业理论不追求从根本上改变沙漠戈壁的自然地理特征,但主张利用它的阳光优势。

(2)沙漠戈壁地区虽有充沛阳光的优势,但由于其自然地理特点具有干旱、高温、地表不稳定等限制要素,加上太阳能量辐射的不稳定性,太阳能转化、利用的效率低,大体不超过0.1%,沙漠中天然生态系统净初生产力低下。因此,沙产业理论把干旱、半干旱地区提高绿色植物阳光利用率的希望和潜力寄托在高新技术的运用及众多技术的集纳合并上,主张走出传统,集约经营,"引入高新技术以及高新技术产品——新材料、信息技术",创建知识密集型的大农业,即沙产业。

当前,科学家围绕提高绿色植物的光合作用效率,更大量地固定转化太阳能,大体可分为两个方面的行动:一是改善光合作用的环境条件;另一是优化或置换太阳能转化器,这类同于农学中的改良和优选作物品种。例如,利用化学工业提供材料构筑的膜棚,使阳光容易穿过但不易溢出,改变了设施内的水热条件,加上与改善光照质量、二氧化碳浓度、节水灌溉以及营养液栽植等技术相组合,极大地改善了沙漠戈壁植物光合作用的环境。总之,设施装置将克服不利的农业生产条件的限制,把光合作用条件转换为理想的、可调整控制的、可优化完善的人工环境,达到光合作用产品质量提高。所谓优化太阳能转化器,实质为优选改良进行光合作用的品种。由于生物技术的广泛应用,新品种产生成为现实。但就沙产业而言,还将微型藻类养殖作为手段来倍增固定太阳能的效率。20世纪40年代中叶,开始将微型藻类培养看作探取新仪器的理想出路,原因是附着在微型藻类生命体上的叶绿体通过光合作用能产生大量的蛋白,能极大地提高光合作用的效率。据土库曼科学院的资料,从每公顷阳光照射面积上,可获60吨微藻干粉,将含30吨蛋白,产生的蛋白量相当于20倍玉米蛋白产出。悬浮在水中的微藻,不同于生长周期长、结构复杂、器官众多的高等植物,易于进行工厂化方式生产。因而微藻被视为有着诱人的巨大潜力的太阳能转化器,是实现"变不毛之地为沃土"的宏伟目标的出路之一。

总之,知识密集型的、以人工控制生境条件为特点的沙产业,广集人类智慧和现代知识之大成,用现代科技手段驾驭自然界中光合要素的盈缺,将从根本上摆脱沙区农业传统生产依赖自然条件造成的限制和破坏环境的风险,能充分利用大自然天赋的阳光优势,造

就“地球最高水平的生产力”(见《简明不列颠百科全书》“荒漠 desert”词条)。当前,作为沙产业发展的初期阶段,为方便生产者把握技术路线要义,沙产业的技术路线可以是“多采光、少用水、新技术、高效益”的通俗表达。

(3)农业型沙产业的基地是农工贸一体的生产基地。沙产业不但生产技术现代化,而且生产过程组织严密,各工序配合紧密,形成以阳光为直接能源,利用绿色植物通过光合作用来进行高效益生产的产业体系。沙产业除光合作用的直接产品外,还包括二次转化生产的动物性蛋白以及各类天然生荒漠植物光合作用产生的次生代谢物,诸如甘草酸、黄酮、苦味素等。全部产品的生产加工过程主要体现为运用系统工程和生态学的原理,不断延伸产品链条,使生产体系形成资源—产品—再资源的反馈流程,构筑成资源和能量最大限度的利用效率,以期在生产全过程中,无废弃物产生或少产生废弃物,逐渐达成循环经济的理想化要求。理想的沙产业的光合作用流水线和产品的加工工业,应能创造高效率、高附加值和高效益。效益是沙产业发展所追逐的目标之一。

(4)沙产业理论主张依赖大自然阳光,用技术装置构建成高效的生产体系。生产体系自身具备环境保护特征:①集约型塑棚及地膜设施等人工构建的介壳,改变原本的水热条件进行生产,同时也就成为良好的风蚀保护层。②由于沙产业的发展将增加沙区光合作用产品的总产量和效益,经济收入提高,生活水平改善,人们为追求生活必需而进行的盲目开发行为能得以遏制,这些,都将从根本上保护脆弱的沙区生态环境。③沙产业以循环经济为发展目标,而循环经济又是以最少消耗资源为本质。因之,人与自然的和谐发展是沙产业重要的科学内涵。可以称沙产业为根治荒漠化的有效措施。钱学森认为,沙产业是“从已经有基础的防沙、治沙、固沙事业开拓出去”,是沙漠治理的新台阶。

3 沙产业理论的意义

3.1 为沙区开发提供创新的战略抉择

在地球南北回归线附近的陆地表面,分布着占陆地面积 1 / 3 的干旱少雨的荒漠、半荒漠地带。不少干旱荒漠地区历史上曾是人类栖息和文明的发祥地。但大气干燥,多风少雨,自然地理条件非常严峻。居住在这里的群众生存和发展的条件十分艰难。不论在中国,还是在世界,干旱、半干旱地区多半属于贫穷、不发达地区,是产生“ 生态难民”的根源地。在 20 世纪中除了两次世界大战外,被称为最悲惨的、人口死亡最多的非洲“萨赫勒灾难”,中国“民国十八年旱灾”都发生在这些干旱、半干旱地区。近百年来,干旱、半干旱地区的居民虽不断探索经济开发的技术手段,但遗憾的是由于自然条件的制约,他们所进行的经济活动,往往都是在取得经济效益的同时付出了生态破坏的代价。这种事例和教训层出不穷。诸如,(1)垦殖草原导致的沙尘暴。20 世纪 30 年代加拿大、美国在被开垦的草原上形成强烈的黑风暴,曾迫使居民大迁移和成批农场废弃。前苏联赫鲁晓夫的垦荒运动有过戏剧性的大起大落,引发过土地荒漠化问题。(2)扩大水浇地导致的咸海生态灾难。前苏联中亚地区,以改造沙漠为目的,将天然水系引入人工河道,建成卡拉库姆等

运河体系，灌溉1620万公顷土地，用大水漫灌淋洗土层中的盐分，大量用农药、化肥、落叶剂，保障了棉花的丰收，一度使依赖进口棉花的苏联成为世界上最大的生产长绒棉的国家。30年后，水浇地上地下水位普遍上升，土壤大面积盐渍化，咸海面积缩小，酿成为震惊世界的生态灾难。(3)无水草原的打井活动导致了新的沙漠化。为了减少牲畜对传统草场的超载压力，萨赫勒地区在无水草原上，钻深水井解决了人畜供水的难题，扩大了放牧面积。结果使水井周围集聚过多的畜群，几年后，以水眼为中心，形成了寸草不生的荒漠化圈。(4)近30年来，干旱、半干旱地区的人口和牲畜都成倍增多，广种薄收和超载放牧引起土地退化，荒漠化问题日趋严重。人们在实践中总结出"地多了，但产量小了"，"水多了，但草少了"，"羊多了，但肉少了"的教训。干旱、半干旱地区人类不合理的开发活动，导致了植物光合作用物质基础的丧失和生产力潜能的破坏。百年往事，提醒人们在干旱、半干旱地区的特殊自然环境条件下，仅凭借传统的农艺和常识，以及当代的技术手段和庞大的资金不能顺利达到开发的目的。人们开始深刻地思考，质疑已采用的策略，从失误和失败中总结经验教训，需要新的周密而审慎的科学开发战略。

沙产业理论正是突破了传统思维的束缚，针对沙区自然条件盈亏的特殊性，扬长避短，倡导以提高光合作用效率和控制消耗水分为特征的开发方略，把充分利用沙漠地区"取之无尽，用之不竭"的太阳能作为目标(法国人在非洲规定，沙漠地区每1平方米面积上每天平均可以接收到的太阳能相当于0.5升汽油或1公斤原煤)，以集成现代新技术组装的设置和设施，提高绿色物质的产出效率，这就为沙区开发提供创新的战略抉择。

3.2 沙产业理论为创建新的农业文明提供依据

当前世界人口增长迅猛，每增加10亿人口只需要10多年时间(世界人口由10亿增加到20亿曾用了80年时间；由20亿增加到30亿用了32年；但1987年还是50亿，到1999年已达60亿)。据估计，21世纪内世界人口将达到100亿。目前，地球上可供人类享用的天然资源日趋减少，而可承载人口压力的负荷却迅猛增加。有人预测，当2020年世界人口从目前60亿增加到80亿时，粮食需求量将比现在增加40%。今天，世界上已经有数以亿计的人挣扎于食品匮乏的环境中(2000年联合国粮农组织粮食安全报告中提到，全球食不果腹者高达7.9亿，粮食极度匮乏的国家有33个之多)。人类生存的需要呼唤增加食品供给。以充分利用阳光提高光合作用效率和节水技术组装的沙产业，能使不毛之地成为提供粮食、食品的新空间，增加粮食、食品产量，创造出新的农业文明。

我们将新农业文明特征做如下概括：

(1)农业生产将由自然资源依附型转向依靠智力资源和技术工程，不再是春耕夏耘秋收冬藏的传统农艺，不再受不良自然条件的制约，生产过程将转变为工厂化、工程化，设施装置将克服不利的农业生产条件的限制，把光合作用条件转换为理想的、可调整控制的、可优化完善的人工环境。

(2)农业生产的光合流水线和产品的加工工业，能创造高效率、高附加值和高效益可持续的循环生产，无废弃物生产链条将日趋完善。

(3)新农业文明的现代农业活动,除以适当的价格为社会提供新鲜、优质、安全的农业产品,确保国家的供应外,是依靠有知识的劳动者自身的智慧、技术和创造性劳动作用于自然界换取经营成果的有魅力的职业。农业变成为与保护环境与自然最和谐一致的产业。20 世纪 80 年代,钱学森提倡的沙产业就是具有新农业文明特征的典型。沙产业理论为创建新的农业文明提供了指导和依据。

3.3 沙产业理论具有现实可操作性

近 10 年来,我国东起科尔沁沙地,西到天山南北,一些以发展沙产业、建设新型绿洲经济和沙生植物资源的适度产业化开发,集生态效益、经济效益和社会效益为一体的实践案例,证明在我国干旱、半干旱地区具有发展农业型知识密集沙产业的需要和条件,有可能依托沙漠戈壁地区充沛的阳光发展沙产业换回丰厚收入,从而使农村经济不再是西部开发的羁绊。例如,在甘肃张掖地区,共建立了 13 个产业综合开发示范区,日光温室、塑料大棚 2554.61 公顷。山丹县沿 312 国道,在不毛的戈壁滩上建成 235 座大棚,其中有多座实行无土栽培。1997 年建设的雨水汇流工程,汇集雨季暴雨径流引入棚中灌溉,变戈壁为绿洲,实现着“不毛之地成沃土”。其他如建成示范性微藻干粉 10 吨生产基地,以及电脑管理的 4600 平方米全自动化温室。近 13.34 公顷滴灌、渗灌、微喷等各类节约用水设施都在展示沙产业技术路线的可行性。同时,按照“龙头带基地,基地连农户”,以及通过“公司一协会一农户”形式,探索产业化,贸、工、农一体化经营方式。在内蒙古鄂尔多斯地区,一些产业集团用产业化开发扩大沙生植被面积,使绿化和产业化相结合,绿起来和富起来相结合。伴随时光流逝,20 年前钱学森院士所论述的高度知识和技术密集的大农业,不仅被我国的示范区所验证,更为国际上的实践所佐证。例如,以色列将“太阳”列为富国强民的宝库,依靠出卖地中海阳光筑造农业商机之园(沙漠地区柑橘每公顷年产 80 吨,温室大棚每公顷每季度生产 300 万支玫瑰)。以色列的研究人员自称“我们的农业为知识农业”。

至今,沙产业作为一种新的科学概念,以其对事物超前预见和对实践指导价值形成的理论品格,纳入人类知识宝库之中,指导着沙区开发的实践。

4 把握人与自然的和谐是发展沙产业的守则

知识密集型的产业,虽然在一些示范地的实践中初见成效,但这仅仅是万里长征的起步。沙产业属第六次产业革命内容,真正意义上的农业型知识密集型沙产业,其最终的完善和形成,“要在 100 年内逐渐地做”。这表明,产业革命的发生发展,不仅有科学和技术革命的蓄积和储备,而且需要时日以待的由量到质的变化飞跃。同时,一个沙漠开发利用的科学构想和新的理论完善,需要长程的实践和不断充实;需要在形成和发展的过程中,在多元和多角地扩展中优化。更何况沙产业特定的发展空间是在沙漠戈壁地区脆弱的生态环境中。这里,植物性生产所必需的光、热、水、土等自然资源不匹配,天然形成了开发与保护的矛盾。因而,发展沙产业必须遵循沙产业特具的新农业文明的内涵,在注视沙产

业发展的诱人潜力的同时，要求人们审慎地把握人与自然界的和谐和协调的发展原则，将保护生态环境寓于开发之中，寻求生态保护、经济效益双赢，是沙产业发展过程永恒遵守的主题。这正是沙产业发展不便急于求成，不能一步登天，应从当前实际水平和条件开始起步，用实践检验和筛选应用技术，在创建形成和壮大过程中，学会优选和完善的根本原因。

沙产业将向何处去

黄高宝*

1984年,钱学森在《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》的报告中,提到了"知识密集型农业"的概念。指出所谓农业型的产业是指像传统农业那样,以太阳为直接能源。靠地面上植物的光合作用来进行产品生产的体系。而农业型的知识密集产业,一方面充分利用生物资源,包括植物、动物和微生物,另一方面又利用工业生产技术,也就是把全部现代化科学技术,包括新的技术革命的成果,都用上了。不但技术现代化,而且生产过程组织得很严密,一道一道工序配合得很紧密,是流水线式的生产。若要进一步讨论农业型的知识密集产业,就要将这种产业分为:农业产业、林业产业、草业产业、海业产业、沙业产业。当时钱学森有关沙产业的诸多见解虽都已见诸报刊,但人们对他的论述不能立即认识和理解。20世纪90年代,钱学森对沙产业概念也有了进一步阐述。他曾指出,"沙产业就是在不毛之地搞农业生产,而且是大农业生产。这可以说是一项尖端技术……发展尖端技术的沙产业,就是利用现代生物科学的成就再加水利工程、计算机自动控制等前沿高新技术,一定能在沙漠戈壁建设成历史上从未有过的大农业,即农工贸一体化的生产基地"。在近20多年探索过程中,不同专家学者对沙产业内涵理解上的不一致,对钱老所提倡的知识密集型的大农业实践过程中,虽然取得了区域性的可喜进展,但存在农业一般化、背离、偏离、"箩筐现象"等等问题。在"改造沙漠美好设想的诱惑"和"沙漠戈壁成为取之不竭的'地面油田'(沙漠戈壁可能生长出可以用来提炼燃油的植物)"等目标勾划下,沙产业将何去何从?是目前沙产业探索与实践中不可回避的问题。本文就在新形势下如何进一步认识沙产业、沙产业存在的困境和未来沙产业的发展谈点个人看法,表达对这位伟大的人民科学家的怀念,并沿着钱学森构想,推动第六次产业革命健康发展。

1 如何认识沙产业?

1.1 沙产业为人类寻找新的生存空间

当今人类面临着能源危机、环境恶化及伴随人口爆增(每增加10亿人口只需要10多年时间)导致的粮食需求量增加的挑战。有人预测,当2020年世界人口从目前60亿增加到80亿时,粮食需求量将比现在增加40%。今天,世界上已经有数以亿计的人挣扎于食

---

* 黄高宝,甘肃农业大学校长,教授。

品匮乏的环境之中，加之联合国已把“千年发展目标”作为神圣任务摆在世人面前，面对如此严峻的现实，再认识沙产业理论的意义和价值，使我们的认识有了飞跃。

目前，全球受荒漠化影响或威胁的土地近5200万平方公里；荒漠化土地面积由1991年的359万平方公里，猛增到1999年的4773万平方公里，占整个地球陆地面积的1/4，而且目前仍以每年5万～6万平方公里的速度在扩大。据统计，全球受荒漠化影响的国家有100多个，约12亿人口受到荒漠化的摧残、影响和威胁，每年全世界由于荒漠化带来的直接损失近430亿美元。中国荒漠化潜在发生范围总面积约4.52亿平方公里，约占国土总面积的47.1%。其中亚湿润干旱区、半干旱区、干旱区和极干旱区分别占12.6%、28.8%、34.4%和24.2%。刘恕(2009)强调，以干旱沙区为发展空间的农业型沙产业，不追求耕地面积的扩大和地理景观的改变，而是将目标锁定在充沛阳光独特的资源上，依靠人的智慧和技能，支配、驾驭固有光合作用要素的盈缺，集约经营占地球陆地表面35%的阳光充沛的干旱地区的不毛之地，将阳光固定保留下来，转换成人们所需求的食物和营养品。

沙产业是从在人类面临资源环境危机的前提下为人类生存与发展寻找新空间的视角出发的，应该指人们目前还没有利用的、光潜力最大而自然降水潜力最小的干旱荒漠地区，就是钱老讲的“戈壁沙漠”，不应该包括已有的绿洲农业以及传统模式下绿洲农业的新拓展。包不包括原生沙漠，有待进一步商榷。对此区域内由于人类不合理利用丧失了生产能力而退化的沙化土地，需要按照新的发展模式使其再次为人类提供贡献，我认为应该属于“新空间”范畴。理清这一点可以防止把沙产业空间边界任意扩大或缩小，也有助于理清与其他几个并列产业的区别和联系。如此才能正确理解沙产业科学构想的战略意义和实践艰巨性。

1.2 沙产业是以生物经济为主要特征的知识经济形态

知识经济理论形成于20世纪80年代初期。1983年，美国加州大学教授保罗·罗默提出了“新经济增长理论”，认为知识是一个重要的生产要素，它可以提高投资的收益。卢卡斯的新经济增长理论则将技术进步和知识积累重点投射到人力资本上。他认为，特殊的、专业化的、表现为劳动者技能的人力资本者才是经济增长的真正源泉。1996年，世界经合组织发表了题为《以知识为基础的经济》的报告。知识经济作为一种经济产业形态逐步确立，知识经济将成为21世纪的主导型经济形态。

知识经济是促进人与自然协调、持续发展的经济，其指导思想是科学、合理、综合、高效地利用现有资源，同时开发尚未利用的资源来取代已经耗尽的稀缺自然资源；知识经济是以无形资产投入为主的经济，知识、智力、无形资产的投入起决定作用。反映到农业上就是知识农业。以色列提供了知识农业的样板。1984年，钱学森提出了“知识密集型农业”并将其细分为农业、林业、草业、海业和沙业，并指出：“假如这五个产业都实现了，将又是一次产业革命，即第六次产业革命”。充分显示了钱老的科学预见性和独到的世界眼光，把握了世界经济发展的大趋势。这是理解沙产业发展的核心要点，也是产业发展模式

由依靠自然、依靠资本进而转向依靠知识的革命性变化。

沙产业又是“知识密集型农业”的重要组成部分，农业的劳动对象是生物，包括植物、动物和微生物。刘恕(2009)指出，沙产业是以太阳为直接能源，靠植物的光合作用来进行产品生产的体系。这是我们讨论钱学森倡导的沙产业开初伊始就应明确的概念。这一说法明确了沙产业的主体对象——植物，但动物、微生物、自养生物等也应是题中之意。

钱老把生物技术作为第六次产业革命的核心，这是对科技革命推动产业革命的科学预见。以生物技术为基础和建立在生物技术产品和产业之上的生物经济，将对经济发展和人类进步产生巨大的推动作用，将成为21世纪经济发展的主体。据陈竺(2002)介绍，在西方发达国家，生物技术相关产业一般要占GDP的20%～30%。有关统计表明，全球生物技术产业的销售额约5年翻一番，增长率高达25%～30%。

因此，可以预见，新的科技革命，将依靠生物技术来实现。而作为知识密集型的沙产业，虽然在一些示范地的实践中初见成效，但这仅仅是“小荷初见尖尖角”，万里长征的起步。从作物光合作用的量子效率为22.4%，光合有效辐射的理论最大利用效率12%，太阳总辐射理论最大利用率5%～6%，而实际农田年光能利用率目前最高仅1%～2%来看，利用基因工程塑造新物种提高光能利用率的路还很漫长。如果同时又要提高水分利用效率难度更大。沙产业属第六次产业革命内容，真正意义上的农业型知识密集型沙产业，其最终的完善和形成，“要在100年内逐渐地做”。沙产业特定的生态平衡脆弱、自然条件严酷的干旱沙区，有着光热资源与水资源不相匹配的天然矛盾，因而发展沙产业不能急于求成。

1.3　沙产业是农工贸一体化的产业

20世纪50年代在美国最早出现的农业产业化，称为“Agricultural Integration”或“Vertical Coordination”，即农业一体化。后来，特别是20世纪80年代以来，农业产业化成为世界农业和中国农业发展的趋势。无论从生产的专业化，还是到集约化，都体现了以经济效益为中心的思想。钱老认为，以生物科学技术为核心的第六次产业革命，将首先改造今天的农业，创建一种知识密集型的农业，这是一种大农业的思想，界定为利用阳光，通过生物的光合作用，制造人所需要的产品的产业。不但技术现代化，而且生产过程组织得很严密，一道一道工序配合得很紧密，是流水线式的生产。在沙漠戈壁建设历史上从未有过的大农业，即农工贸一体化的生产基地。这是现代农业建设的基本经验，推进现代农业建设，顺应我国经济发展的客观趋势，符合当今世界农业发展的一般规律，是建设社会主义新农村的产业基础。《中共中央、国务院关于积极发展现代农业，扎实推进社会主义新农村建设的若干意见》指出：要用现代物质条件装备农业，用现代科学技术改造农业，用现代产业体系提升农业，用现代经营形式推进农业，用现代发展理念引领农业，用培养新型农民发展农业，建设现代农业的过程，就是改造传统农业、不断发展农村生产力的过程，就是转变农业增长方式、促进农业又好又快发展的过程。

1.4 沙产业是一个系统工程

农业型的知识密集产业，一方面充分利用生物资源.包括植物、动物和微生物，另一方面又利用工业生产技术，也就是把全部现代化科学技术，包括新的技术革命的成果，都用上了。不但技术现代化，而且生产过程组织得很严密，一道一道工序配合得很紧密，是流水线式的生产。这里体现了钱老系统工程的思想。沙产业不仅包括生物生产系统，还应包括自然及人工生态环境系统、科学技术系统，组织管理系统，物流商贸系统，产品加工系统等等。沙产业就是需要按照系统工程原理进行顶层设计，实现资源的循环高效利用，产品的安全增值，环境的健康无害。如果不从系统工程角度考虑，可能会重新步人常规现代化的老路。

2 沙产业目前面临的困境

2.1 认识上的困境

回顾沙产业作为一个新的科学概念提出 20 多年来的认识过程，有的学者认为，“沙产业”概念在地域类型上存在错位。从沙产业的核心内容上看与沙漠、戈壁无关，这些正是绿洲农业或绿洲产业的内容，没有必要提出“沙产业”观念。也有人认为“沙产业”一词容易引起人们误解，以为是沙物质本身真接利用的产业，如沙子制品、建材制品等。因此，有人提出“沙地产业”、“沙漠产业”、“工业沙产业”。也有人简单地把沙产业分为广义的沙产业和狭义的沙产业。以上这些观点，是从不同角度提出的，只能在生产实践中，根据其产业自身特点，不断地发展、完善，逐渐达到认识上的统一。宋平也曾指出，“钱老提倡的沙产业，实际上是现代农业，利用沙漠中充沛的阳光，节约用水，是阳光农业……不是用沙子做的东西叫沙产业，而是在沙漠干旱地区利用现代科学技术，充分利用阳光优势，实行节水、节能、节肥、高效的大农业型的产业”

2.2 空间被无限放大的困境

沙产业概念所涉及的空间上包括所研究开发利用的沙漠、戈壁、沙漠化和风沙化土地，也就是钱学森讲的“不毛之地”。这类土地主要分布在我国的北方干旱、半干旱和亚湿润干旱区。沙漠、戈壁多分布在干旱地区，而沙漠化土地主要分布在半干旱、亚湿润干旱地区。樊胜岳(1999)认为，在认识沙产业时，我们把沙产业的空间分布，从干旱沙漠和戈壁地区，扩展到包括半干旱地区和部分半湿润地区在内的沙漠化地区。而赵雪雁等人(1997)则把绿洲的持续发展也列人了沙产业的范畴。陈佐忠(2008)认为，沙产业能不能理解为沙区产业而不仅仅是沙漠地区产业，包括干旱地区的沙漠与半干旱地区、半湿润地区的沙地产业。沙漠、沙地都是沙覆盖的土地，但其生态与环境条件有很大的差异，因此沙产业的项目、内容、特点、规律、技术体系等等都应有很大不同。由此看来不同的学者对沙产业的空间界定不同，这种界定范围的不同也会影响到人们对沙产业内涵的理解。

2.3 产业化与生态化的困境

沙产业的实施空间具有生态的天然脆弱性，一旦破坏难以逆转。因此传统的防沙治沙以被动、强制、单纯保护为主，出现了“年年造林不见林”，“成绩年年有，问题年年重”的怪圈。实际上，如果没有经济的可持续性，其他可持续性将难以为继。钱老提倡的沙产业就是从传统的防沙治沙中拓展开去，以产业化带动生态化，以生态化促进产业化。而实际上往往见到的是生态化限制了产业化，或产业化又较少考虑生态化。由此也使沙产业难以在国家层面进入部门规划，实践层面则是“他山之石，可以攻玉”或“人在业兴，人去转业”。朱俊凤(2004)认为，沙产业是随社会经济发展而深化和拓展的产业，因而其管理又是动态和化解矛盾的管理。从促进和保障沙产业目标角度考虑，沙产业综合管理体系应着重抓好综合管理人才、资金管理体系和政策管理体系三大目标。

2.4 技术研发上走向一般化的困境

沙产业倡导利用现代科学技术，采用新材料、新工艺，人工改善植物固定和转化太阳能的生境，极大地提高光合作用的效率。生物的能源都是直接或间接地来源于太阳能，农业生产的过程就是利用绿色植物吸收太阳的光能，转化为化学能.合成有机物质，供人们使用。也就是说沙产业是在高新技术支持下才能实现的产业，人们在实践中探索提出的“多用光、少用水、新技术、高效益”的技术路线，适合沙产业发展初级阶段。而目前沙产业的研究主要是植被建设技术、设施农业技术、特色资源高效利用技术等等一般农业技术，真正围绕提高绿色植物的光合作用效率，更大量地固定转化太阳能等沙产业所涉及的高新技术相对较少。同时，针对沙产业理论与实践技术的研究机构与人才的匮乏也是沙产业面临的一大困境。

3 沙产业将走向何处去？

3.1 从战略思维重新认识沙产业的意义

钱老提出的沙产业，是农业型的知识密集型产业。首先它不同于传统的绿洲农业或绿州产业，同时明确了它是农业型的，不包括地下资源的开发利用。煤炭、石油、天然气、有色金属和非有色金属，这些业务是工业部门的事。直接利用太阳能和风能的发电，解决地区性和国家用电，也不是沙产业的内容。在开发的空间区域上，进一步明确沙产业所开发利用的空间区域不是无限的，而是沙漠、戈壁、沙漠化和风沙化土地，也就是钱学森讲的“不毛之地”。

胡锦涛在看望钱老时对沙产业理论给予充分肯定，他强调沙产业思想很有创新，强调不是单纯治理沙漠、阻止沙化，而是在治沙的同时还要看到沙漠环境也有优势的一面，有很多沙生植物经济价值很高，要有意识地人工种植，然后搞深加工，发展沙产业，这就能在沙漠地区形成良性循环。此外，钱学森提出农业型知识密集型产业——沙产业，就是要改

变过去落后的传统农业经营方式，充分利用沙区资源优势，采取高科技手段，发展沙产业，这实际是“扬长补短”。在保护、改善环境，实现资源、人口、环境可持续发展的情况下，要充分利用现有各方面有关的科技成果和现代新科学、新技术、新工艺、新材料，改善生物生存发展的不利条件，提高太阳能的转化率，达到增产、高效。这是为人类寻找新空间和新的经济形态出发的战略思维，如果从战术层面理解沙产业会使其失去应有意义。

3.2 从国家层面规划沙产业的发展

产业是社会分工的产物。它随着社会分工的产生而产生，随着社会分工的发展而发展，并且以实现资源的合理利用与优化配置，形成产业链，达到一定的规模效益，并不断优化、升级和可持续发展的独立产业。朱俊凤(2004)认为，沙产业的概念涉及资源合理利用、优化配置，产品生产、加工和经销等内容。因此，这就需要在国家层面上有一个部门，如国土资源部牵头制订中长期规划，为沙产业空间、时间上的发展进行统一规划，并根据内蒙古、甘肃等地沙产业的实践经验，完善沙产业技术体系。

3.3 建立持续的研发队伍

沙产业在我国尚属刚起步的产业，许多重大理论和实践问题仍然在探索之中，尤其需要在高层决策上进行科学决策。高层决策首先必须要有综合决策人才，这种人才必须具有洞察沙区资源、环境、经济、社会间相融、和谐、矛盾、冲突存在与转化的能力，才能从宏观上解决产业经济与产业生态协调发展问题；其次必须要有具有综合整体观念指导下的各行业高层决策人才，主要是生物经济产业开发、沙漠综合技术防治、生态—生产—市场运营关系设计、产业经济的区位布局等方面，重点是解决产业行业的生产、加工、市场及生态保护问题；管理人才队伍的配套也应在战略层面上考虑，做到高层决策层面上综合决策与产业决策的协调，同一行业上层决策层面与下层实施层面的协调，这样才能形成正常运转，有序管理的人才队伍体系。同时利用沙区特有的基因资源库，人工塑造新物种，开发新用途新制品，是沙产业起飞的基础。

3.4 从沙产业的功能拓展发展聚集产业

现代农业具有经济生产与非经济生产两大功能。即农业除了具有生产食物等农产品这一主要和传统的经济功能外，同时还具有其他经济、社会和环境方面的非经济生产功能。

沙产业打破了过去传统农业的小农式、自给自足的经济体制，进行高科技、高投入、高产出、高效益的商品性生产，从计划经济走向市场经济，实现种、养、加、产、供、销一体化，并在空间上集聚关联产业，发挥集聚效应，这是农业产业的一次革命。沙产业发展加快了农业产业经济结构调整的步伐，提高了生产效益，增加了农民收入。随着新技术的应用，沙区的农业生产方式也将发生根本性变革。刘恕(2003)提出沙产业发展追求人与自然的和谐发展。由于沙产业应用现代农业措施，以设施农业替代大田耕作，设置薄膜介壳成为

良好的风蚀保护层,抗御由耕种引起的土壤风蚀。因为沙产业会增加沙区光合作用的产品产量,第一性产品产出量愈丰富,人们为追求生活必需而进行的盲目开发行为才能得到控制,沙区的植物资源方能得到休养生息。发展沙产业首先要重视其经济功能,大力推动以沙区生物资源利用为主的生物产业,也要重视其非经济功能,着力发展沙区特色的服务产业。沙产业实践经验证明,沙产业能促成脱贫致富和保护生态环境的双赢目标。

沙产业理论引领干旱地区农业走向知识密集型

周永革*

在纪念人民科学家钱学森先生诞辰100周年之际，追忆钱学森先生的丰功伟绩，我们由衷地敬佩和怀念为强国富民做出卓越贡献的钱学森先生。深入研读他老人家提出的沙产业科学构想，肃然起敬，更加体悟到钱学森这位伟大科学家的远见卓识。沙产业科学构想转变了人们对干旱“不毛之地”的认识，描绘出荒漠化地区未来发展的美好蓝图，引领干旱地区农业实现现代化。

1 沙产业科学构想为干旱地区农业生产指明了方向

钱学森先生的沙产业科学构想是在甘肃大地萌发产生的，也是为沙漠地区生态建设和当地农牧业发展、人民生活富裕而提出来的。20世纪60～70年代，钱学森在领导我国火箭、导弹和卫星等国防科技工作期间，其足迹遍布地处沙漠、戈壁的酒泉卫星发射基地、马兰试验基地和鼎新导弹试验基地。这里极端恶劣的自然条件和环境、人们贫困艰辛的生活，给他留下了深刻印象。但他同时在这里发现，戈壁、大漠并不像人们所形容的那样，是寸草不生的死亡之海。在茫茫的戈壁和大漠中也有耐干旱、抗风沙、耐盐碱的植物顽强地生长着。有些植物如沙棘、甘草等，还有很高的药用和经济价值，再比如骆驼、奔驰的黄羊，也给戈壁、大漠注入了生命的活力。无论是在西北荒漠还是在北京寓所，他一直在思索着：应对中国西部光热资源充足而水资源匮乏的问题，如何系统集成多学科的科学知识开发利用沙漠、戈壁，如何既能保护和改良生态环境，又能有效地发展农业生产，实现西部广袤土地上人与自然的和谐，改变荒漠地区人民贫困的状况，让人民富裕起来？由此，1984年他提出了创建农业型的知识密集产业，即第六次产业革命理论，并在此后的20多年间，不遗余力地推进着这一理论步入实践。随着生产实践的发展不断补充、完善，形成了沙产业的完整构想。

1984年5月，在中国农业科学院召开的第二届学术委员会会议上，钱学森应邀以《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》为题，论述了沙产业科学构想，他指出，“农业型的产业是指像传统农业那样，以太阳为直接能源，靠地面上植物的光合作用来进行产品生产的体系。”“沙产业就是在不毛之地搞农业生产，而且是大农业生产。这可以说是一项尖端技术！”在生产过程中，“一方面充分利用生物资源，包括植物、动物和微生物，另一方面又利用工业生产技术，也就是把全部现代科学技术，包括新的技术

---

* 周永革，河西学院党委书记，研究员。

革命的成果。不但技术现代化，而且生产过程组织得很严密，一道一道工序配合得很紧密，是流水线式的生产。这就是农业型的知识密集产业”。“既然是知识密集型产业，那就要充分运用自然科学、社会科学、工程技术，以及一切可以运用的知识来经营它”。

沙产业理论的核心是综合利用现代科学技术，关键是合理利用沙漠资源即发挥阳光优势，节约用水，利用绿色植物的光合作用来最大限度地固定转化太阳能，保护生态，提高农业生产效益，实现农业现代化。沙产业理论突破了传统思维的束缚，针对沙区自然条件盈亏的特殊性，用现代科技手段驾驭提高光合作用效率和控制消耗水分，将从根本上摆脱沙区农业传统生产依赖自然条件造成的限制和破坏环境的风险。沙产业理论在认识人类与沙漠的关系、如何利用沙漠资源等方面对传统治沙理论和发展农业的思想都有了全新的突破，它为干旱地区农业指明了发展方向。

2 沙产业科学构想在河西走廊步入实践并初见成效

甘肃省从上世纪50年代开始，就非常重视防沙治沙工作。改革开放以来，随着“三北”防护林体系建设工程启动、国家“三西”建设和平原绿化工程相继实施，甘肃的防沙治沙工作进入到一个新阶段。钱学森的沙产业理论提出后，省委、省政府高度重视，积极实践，1995年、2000年先后两次召开全省沙产业工作会议，使甘肃成为最早试验研究开发沙产业的省份之一。1994年，根据钱老的沙产业科学构想，中国科协、林业部和甘肃省政府首先选择武威、张掖等地建立了试验点和示范基地，开始实践钱老的沙产业理论。10多年来，张掖、武威等河西五市的广大干部群众在沙产业理论指导下，把沙漠治理和资源利用结合起来，集多种先进适用技术，按照“多采光、少用水、新技术、高效益”的沙产业技术路线，发挥沙区的光热资源优势，大力发展阳光农业、节水农业，取得了很大进展。河西走廊沙产业的实践，受到了钱老的高度评价和赞赏，他说：“近年来甘肃人民在省领导和地区领导的带领下，不是创造了中国的沙产业吗？……”，并称赞“武威和张掖地区用新技术展示了未来农业的概貌”。

河西五市以沙产业理论指导农业生产，取得了可喜的成果。

一是加强节水设施建设，效果明显。河西五市大规模地开展了以平田整地、兴修水利为主的农业基础设施建设。近十年来，张掖市累积投资50多亿元，建成万亩以上灌区24处，干支渠893条4763公里，斗农渠4205条11089公里，形成了以中小型水利设施为骨干，高效节水为重点，地表水地下水综合开发利用，生产、生活和生态用水并举的水利体系运行格局。推广常规节水技术面积228.2万亩，占总灌溉面积的60.3%。发展高效节水灌溉面积65.16万亩，其中喷灌3.48万亩、滴灌9.21万亩、管灌52.57万亩。主要灌区的灌溉定额从800立方米/亩降低到现在的530立方米/亩，农业灌溉水利用率由45%提高到50%。永昌县5年间，先后投资2.84亿元，组织实施了老灌区改造、农业节水灌溉增效示范等水利工程，累计新建、改造高标准干支斗渠3000多公里，河灌区灌溉水利用率提高到44%，综合运用工程、技术、生物、管理等多种农业节水措施，创新水权管理机制，年节约农业用水7200余万方，促进了农业可持续发展。

二是改善农业生产环境，设施农业迅速发展。为了充分利用阳光资源，河西五市大力发展日光温室。酒泉市以日光温室、大棚蔬菜、啤酒花、葡萄为主的设施农业面积达到30万亩。建成百亩以上日光温室连片小区25个，百亩以上大棚蔬菜小区50个，百亩以上啤酒花小区6个。畜牧业全面实现设施化养殖，规模养殖户达到7万户，其中1.99万户规模养殖户的家庭年收入超过了万元，标准化养殖小区达到889个。2010年，武威市日光温室的生产区域已从城郊、井水灌区向远郊、河水灌区和山地旱区扩展，发展日光温室的乡镇达到84个，占乡镇总数的90.3%，常年生产10大类300多个品种，河西地区已成为我国“西菜东运”和“高原夏菜”出口的重要基地。

荒漠区设施农业、沿山地带温室葡萄成为河西五市经济发展新的增长点。2007年酒泉市在中国农科院蔬菜花卉研究所的指导下，开展了非耕地无土栽培技术研究示范，并向玉门、高台、临泽、金塔、敦煌等周边县市延伸发展，至2010年，示范推广超过5000亩，平均亩效益达到15447元。甘肃农业大学指导临泽、天祝等县在非耕地上建立了15个设施葡萄试验示范基地，推广日光温室促早和延后葡萄2000多亩，平均亩收入达到了2万～2.5万元。河西学院帮助肃州、山丹等县区在非耕地建立生产食用菌示范基地，推广地下式日光温室畦栽食用菌7000多亩，平均亩收入达到3万～5万元，近几年已生产食用菌37万吨，产值超过13亿元。

三是大力调整产业结构，特色农业蓬勃发展。河西五市坚持以市场为导向、不断调整优化农业产业结构，大力发展优势特色产业，资源优势逐步转化为产业优势和经济优势，形成了玉米制种、葡萄、啤酒花、果蔬、马铃薯、花卉、红枣、枸杞、甘草、草畜等等高效特色产业。张掖市各县区因地制宜，深入推进中国金张掖玉米制种基地、中国西部马铃薯加工及种薯繁育基地、现代农业示范工程和百万头肉牛基地建设工程，着力做大做强玉米制种、马铃薯、蔬菜和肉牛等重点产业。河西走廊现已建成全国最大的杂交玉米制种基地，对外制种面积和产量均居全国第一，2008年杂交玉米制种生产基地达到150万亩，年产种量6亿公斤，占全国用种量的60%。“金张掖百万头肉牛基地工程”建设稳步推进，肉牛饲养量达76.16万头，年均增长10.7%，肉牛规模养殖小区发展到140个，饲养量占到张掖市总量的60%；武威市形成了设施瓜菜、高原夏菜、西甜瓜、酿造葡萄、食用菌、人参果、特色制种、小杂果等一批优势产业带。酒泉市以葡萄、酒花、日光温室、花卉制种为主的高效特色农业的种植面积达到140万亩，其中，万元田达到9.8万亩，5000元以上高效田发展到18.8万亩，2000元以上高效田发展到112万亩。已初步形成了“一村一品”、“一乡一业”的区域化、专业化生产格局，建成了粮油、棉花、制种、瓜菜、牧草、啤酒原料、肉牛肉羊和乳品生产八大生产基地，已成为全国重要的粮食种子繁育基地和最具优势的对外瓜菜、花卉制种基地之一。

3 沙产业科学构想为干旱地区未来农业发展描绘出美好蓝图

钱学森先生是从第六次产业革命和知识密集型“大农业”的宏观视野来构建沙产业理论的，以其科学家的远见卓识运用系统科学的方法从战略的高度揭示了未来农业的发展

规律，展示了干旱地区未来农业的美好前景。

沙产业科学构想描绘了荒漠区未来农业的发展蓝图。沙产业理论预示未来农业必将产生深刻的产业革命，打破传统农业的小农式、自给自足的经济体制，高科技、高投入、高产出、高效益，资源配置、产业发展、经济结构等均适应市场经济和社会文明的要求。未来的农业是知识密集型的农业，不再是春耕夏耘秋收冬藏的传统农艺，不再是一年一熟、靠天吃饭，不再受不良自然条件的制约，不再是面朝黄土背朝天的简单劳动、低质产业。未来农业将由自然资源依附型转向依靠智力资源和技术工程，生产过程将转变为工厂化、工程化。设施装置将克服不利的农业生产条件的限制，把光合作用条件转换为理想的，可调整控制的、可优化完善的人工环境。

沙产业科学构想是建立在高科技特别是以生物科学技术为核心的第六次产业革命理论基础之上，是一种高瞻远瞩的新理论、新思想，是运用辩证唯物主义的观点思考我国农业发展问题的新成果。沙产业科学构想告诉人们，农业发展的关键是依靠科学技术，实现科学技术的集成应用。提高单位面积的产量必须利用生物技术优化良种、用物理化学的方法创造动植物生产环境，以及应用信息革命的成果、新工艺、新材料、新技术，创造植物光合作用的条件，最大限度地利用沙漠资源。现代农业是广泛应用现代科学技术、现代工业提供的生产资料和科学管理方法进行的社会化农业，它能大幅度地提高农业劳动生产率、土地生产率和农产品商品率，使农业生产、农村面貌发生重大变化。

沙产业科学构想指引人们用科学的方法解决人类面临的生存和环境问题。要解决全球面临的人口爆炸、食品缺乏、生态及能源危机等一系列问题，必须提高单位面积碳水化合物的产出量，以满足人们对氨基酸、维生素、生物能源及工业原料的需求；必须采用高新技术充分利用沙漠地区的天赋阳光资源，提高植物的太阳能转化效率，遏制生态恶化，寻求新型洁净能源；必须发展高附加值和高效益可持续的循环生产，完善无废弃物生产链条，实现人与自然的和谐。

钱学森先生指出“沙产业属第六次产业革命，是21世纪中叶才能开花结果的”，并预言，沙产业“将创造上千亿产值”。沙产业虽然在河西走廊等地区的实践中初见成效，但这仅仅是沙产业的初级阶段。真正意义上的农业型知识密集型沙产业，其最终的完善和形成，“要在100年内逐渐地做”。正如钱老所指出的，“农业型的知识密集型产业的创建不只是这些产业自身的问题，工矿业要跟上，原材料也要跟上，还有交通运输业、通讯情报业、教育文化事业、商品流通、城乡建设和生活服务等。目前科学技术水平还不能到达知识密集型农业的要求，沙漠中天然生态系统净初生产力低下。太阳能转化大体不超过1%；植物性生产所必需的光、热、水、土等自然资源不匹配，人类的技术水平和生产条件不能解决农业生产中遇到的问题；生物技术还需要在细胞工程、酶工程、遗传工程等方面进一步突破；与农业相关的材料工业、交通运输、教育文化需进一步发展。这些表明，产业革命的发生发展，不仅有科学和技术革命的蓄积和储备，由量到质的长期变化过程，而且需要生产关系在适应生产力发展的变化中，不断变革。要实现沙产业的科学构想，必须以现代发展理念引领农业，培养有知识的新型农民，积极推进农业科技进步，提高农业科技含

量，用现代物质条件装备农业，用现代产业体系提升农业，用现代经营形式推进农业。加大基因技术、生物工程技术、遥感遥测技术、精准农业技术、电子计算机技术以及激光技术等最新科学技术方法在农业生产过程中的应用，提高农业的工业化水平。在发展现代农业中，更加注重生态环境的治理与保护，重视土地、肥料、水资源、农药和动力等生产资源投入的节约和资源利用的高效化，不断探索"有机农业"、"绿色农业"和"生态农业"的发展模式。

河西走廊的实践证明，沙产业前景广阔，只要我们遵循规律，加快农业科技进步和科技创新，在实践中不断探索新模式，必将实现在"不毛之地""创造上千亿产值"的科学构想，沙产业也必将成为国家富强、人民富裕的新经济增长点。

树立低碳理念,加快生态经济发展

朱俊凤*

1 树立低碳理念,倡导绿色产业

树立低碳循环理念,发展低碳和循环经济,将成为中国推进绿色转型发展、建设生态文明的重要突破口。关于循环经济、低碳经济、绿色经济的渊源、内涵和关系,在学界还缺乏系统、深入、权威的研讨和解读。科学思考和准确解读"三种经济"的内涵和关系,对推动我国经济社会可持续发展十分重要。推动绿色转型发展是"十二五"及今后较长一段时期内我国经济社会可持续发展的重要方向。党的十七大在深入分析我国基本国情、战略需求和现代化发展路径的基础上,提出了推进绿色发展、建设生态文明的目标。面向未来,中国经济社会发展正在加速迈向绿色发展、生态文明的新时代。结合新时期我国林业发展的新形式、新使命、新任务,从气候变化角度,要进一步明确我国林业低碳绿色发展的战略取向和行动。在《联合国气候变化框架公约》和《京都议定书》的相关规定及各类涉及减缓气候变化的国际谈判中,林业措施受到国际社会高度关注,成为气候公约谈判的必谈议题。森林和森林管理必须纳入应对气候变化的战略,这种全球共识正在形成。

我国政府把充分发挥林业在应对气候变化中的功能和作用,促进经济、社会和环境的可持续发展提升到了更高的认识和政策层面。作为一个新概念,碳汇林业首次出现在2009年中央一号文件中。在中央林业工作会议上,国务院总理温家宝对林业作出了"四个地位"的精辟概括,国务院副总理回良玉对新时期林业的"四大使命"进行了科学分析。这是我们党对林业认识的最新成果,是新形势下中央对林业工作提出的最新要求。全国人大《关于积极应对气候变化的决议》指明了我国碳汇林业发展的方向。去年,国家林业局发布了《应对气候变化林业行动计划》,正是贯彻落实党中央、国务院确定的以生态建设为主的林业发展战略,建设生态文明,充分发挥林业多种功能,切实推进碳汇林业发展的具体落实。充分认识并高度重视森林在减缓气候变化中的独特作用,加快林业发展、增强森林碳汇功能,已成为新时期中国林业应对气候变化的重要战略取向。

2 弘扬生态文明,倡导低碳生活

弘扬以人与自然和谐共存为核心的生态文化,倡导以"节约、节俭、节制、节用"为内容的低碳生活,正是当前弘扬生态文化,加快绿色发展,构建和谐社会,建设生态文明的紧迫

* 朱俊凤,国家林业局,中国治沙暨沙业学会原副理事长兼秘书长,教授,高级工程师。

任务，也是广大人民群众和社会共同的责任和义务。因此，我们要倡导低碳生活。

（1）珍惜资源，循环利用。节省一滴水、一度电、一张纸，让节能、节气、节水和回收利用等环节融入到日常生活中去；不用或少用一次性制品（木筷、纸杯、纸巾等）；使用节能、节气、节油产品；及时关闭电源，适度使用空调；推广电子办公、电子商务，重复使用纸张，双面打印复印，不用或少用纸质贺卡。回收利用废旧木材、废旧纸张等可再生资源。

（2）绿色采购，节制消费。优先采购认证认可产品、绿色办公用品、绿色建材、绿色食品和简约包装商品；提倡适度消费，定量采购，避免因食品、物品长期积压造成浪费。

（3）低碳出行，增进健康。从实际出发，提倡步行、骑自行车出行，乘坐公共交通工具出行，降低生活对小汽车的依赖；培养良好的生活习惯，踊跃参加社区文化体育活动，调节心情，增强体魄。

（4）爱绿护绿，保护环境。爱护绿色生命，维护绿化成果，争当绿色使者，共建绿色家园；自觉履行法定责任，主动参加义务植树等社会公益活动；保护野生动物和鸟类及其栖息地；积极参与树木、绿地、湿地等认护认养活动；减少生活垃圾，推行垃圾分类，创造生态宜居环境。

（5）传承文化，热爱自然。自然人文资源是人类共同的财富。让更多的人走进森林、湿地、草原，满足回归自然、享受自然的生态文化需求，放松心情，缓解压力，在参与中感悟“天人合一，道法自然”的真谛，传承中华民族文化的优良传统，更加热爱祖国、热爱家乡、热爱生活。

3 开展科技创新，倡导低碳经济

科技创新是实现低碳经济的关键，没有科技创新，就谈不上低碳经济。在我国广大沙区，太阳能、风能、黄沙是取之不尽，用之不竭的资源。太阳和风能利用早有人研究，并取得快速进展，而黄沙一直把它当成一害，研究利用很少。近年通过科技创新，工业化治沙，取得新突破。沙漠风积沙被世人公认为废沙、灾沙、祸沙，很少有人对其进行研究利用。内蒙古一大型企业的项目中心与国内外多家研究院所对风积沙认真分析研究之后，利用多种方法，多项工艺，首次向世界揭示了沙漠风积沙产业化综合开发利用的价值。通过流水线被精选出来的矿物质可广泛用于玻璃、陶瓷、冶金、电子、医药和化工等工业作为生产原料。拓宽了沙漠风积沙的工业化利用，并展示出了广阔的应用与发展前景。沙漠风积沙选矿生产线的顺利投产，为人类首次大规模工业化利用风积沙奠定了可靠的技术支撑和崭新的创新点，使人类梦寐以求的“沙子变成金”得以实现！沙漠风积沙选矿生产线的试验成功，向全世界宣布，沙漠风积沙再也不是威胁人类生存的废沙、灾沙和祸沙，而是可用于众多工业产品大规模生产应用的重要工业原料，其储量巨大、开采简单、利用方便、矿多价廉，它已成为现代工业利用的又一种新型矿产资源。

3.1　风积沙项目概述

年处理风积沙 1000 万吨。

玻璃工业：年生产玻璃制品 10 万吨，浮法玻璃、光伏电玻璃、特种玻璃日溶化 600 吨。

水泥、建材工业：500 吨/年。

化工工业：年精加工 500 万吨长石。

光伏电组件：年生产 100 兆瓦。

钢玉微晶玻璃：日生产 200 吨。

生态农业、生态林业：7500 亩/年。

计划三年内达到总产值 200 多亿元。

3.2　科技创新、工业化治沙、造福人类

沙漠变绿洲，沙漠变成金，千百年来一直是人类美好的期望，今天人们通过科技创新，应用多种技术成功地对风积沙进行了矿物质分离，使其变成了多种工业原料，从而实现了人类梦想！目前已经形成了比较成熟的工业化治沙、用沙综合开发利用技术，并且对工业化治沙有了完整全面的规划，计划三年内达到工业化治理风积沙 100 万吨/年，再造 7500 亩林地、草场、农田，年生产 100 万吨玻璃制品、300 万吨浮法玻璃、100mCIGS 金属薄膜光伏电组件工厂的规模（目前一期工程已开工建设）。并利用选矿后所得的硅砂、长石和多种矿物质发展硅产业、陶瓷工业、化工工业、建材工业。建成后，年工业、林业、农业、牧业总产值将达到 200 多亿元，并进一步研究高科技产业，使沙漠风积沙在治理的同时实现综合利用最大化。

4　发展现代林业，倡导生态文明

我国党和政府高度重视林业在应对气候变化中的特殊重要作用。2007 年，胡锦涛主席在第 15 次 APFC 会议上提出"建立亚太森林恢复与可持续管理网络"的重要倡议，并承诺到 2010 年中国森林覆盖率要达到 20%，被誉为应对气候变化的森林方案，得到国际社会的高度评价。2009 年召开的中央林业工作会议明确赋予了林业在应对气候变化中的特殊地位，并强调应对气候变化，必须把发展林业作为战略选择。在 2009 年联合国气候变化峰会上，胡锦涛主席向世界作出争取到 2020 年实现森林面积和蓄积量"双增"的庄严承诺，使发展林业成为应对气候变化的国家行为。林业是生态建设的主体，加快林业发展是我国转变经济发展方式、应对气候变化必然的战略选择。林业部门在弘扬生态文化、倡导低碳生活理念、建设生态文明上更是责无旁贷，要努力完成三个方面的任务。

一是要深入贯彻落实中央林业工作会议精神，加快推进林业改革发展，加强林业生态建设，促进生态良好发展，真正体现林业在可持续发展战略的重要地位、在生态建设中的首要地位、在西部大开发中的基础地位、在应对气候变化中的特殊地位。希望社会各界继

续关注和支持林业生态建设，积极参与全民义务植树运动和爱绿、护绿、植绿活动，形成全国动员、全民动手、全社会办林业的好局面。

二是要大力繁荣生态文化，普及碳汇知识，增强生态意识，树立生态道德，弘扬生态文明，进一步形成关注森林、热爱自然的良好风尚。这既是现代林业要构建的生态、产业、文化三大体系内容之一，也是全社会牢固树立低碳生活理念的必然要求。希望全社会都来开展生态文化活动，参与生态文化社会实践，大力倡导低碳生活理念，为建设生态文明社会作出新贡献。

三是要进一步强化国家生态文化教育基地和全国生态文化示范基地、示范企业和示范村创建工作，规范程序，加强示范引导，促进各项工作再上新台阶。要充分发挥文化教育资源特别丰富的优势，加强宣传示范和教育功能建设，逐步使之成为全社会和公民生态文明素质和低碳理念宣传教育的主阵地。今年 10 月 16 日，国家林业局、教育部、共青团中央、中国生态文化协会授予 10 个单位“国家生态文明教育基地”称号，中国生态文化协会授予 2 个单位“全国生态文化示范基地”、45 个行政村“全国生态文化村”和 10 个企业单位“全国生态文化示范企业”称号。

5 以低碳为核心，认真制定“林业科技十二五规划”

“林业科技十二五规划”是林业的先导性、战略性、指导性文件。林业是一项公益性事业，又是一项产业，因此，低碳是规划的核心，科技是规划的支柱。《规划》以科学发展观为指导，实施“赶超”战略，以“支撑双增、引领发展”为目标，围绕“突出创新、强化应用、升级产业、服务林改”的方针，规划林业科技重点任务，部署各类科技项目。《规划》坚持自主创新、需求导向、优化配置、统筹兼顾、继承发展的原则，注重高新技术与实用技术、生态科技与产业科技、科学研究与能力建设、整体推进与区域发展、近期目标与长远战略相结合。初步拟定到 2015 年，我国将建立起适应现代林业发展的国家林业科技创新体系，在新品种创制、森林经营、生物产业、信息技术、生态环境改善与治理、应对气候变化、区域林业、新兴战略性产业等研究领域取得重大突破，科技进步贡献率拟由“十一五”末期的 40％提高到 50％，成果转化率拟定达 60％，将大幅提高科技支撑林业生态建设和产业升级的能力和水平。

生态经济、绿色经济、循环经济等的核心问题是低碳，减少对环境和大气的污染。上海世博会之前人们对“低碳”一词还很陌生。经过世博会，“低碳”给 7308 万观众留下了深刻印象。从建筑、展览，到运营、管理，世博园区是低碳理念和多元技术的全方位展示区。园区路基材料、公交大巴，“一轴四馆”的迷人夜景，以及每一个场馆，都无一例外包含低碳技术或者理念……不少专家从世博会得到启示，建议跳出传统思维，结合“十二五”规划，尽早制定城市长期低碳发展规划和低碳发展路线图；采用“碳排放”情景分析作为城市总体规划编制基本依据，规划一个节能、低排放、低碳的城市……而数以千万计的参观者，诸多国家、国际组织论坛的思想碰撞，对于低碳理念的推广实践也将有巨大推动作用。世博

会的低碳效应，将深刻地与经济增长、技术应用、制度创新，乃至大众认识紧密结合。

世博会留给上海、留给中国最大的精神遗产，恐怕就是世界最先进的低碳技术和低碳理念。然而，世博会展示的有关低碳的技术和信息，我们有没有跟踪整理?！推广低碳技术的各项政策工具，比如碳交易、低碳技术转让、低碳投资、技术创新激励措施、税收优惠等，有没有建立足够的制度，使之进入千家万户?！低碳世博的成果，又如何给农村带来积极影响?！政府如何完善机制，推动公众自愿参与碳减排交易，使低碳成为每个人生活的一部分?！正如联合国副秘书长沙祖康在闭幕式上的讲话中所说：上海世博会“凝聚了世界的思想精华”，我们要进一步把它发扬光大。

牧区危机与对策

李毓堂*

1 质疑:对当前牧区若干政策措施的不同看法

近些年来,在政府计划投资项目驱动下,我国牧区推行了“退牧还草”、“围栏禁牧”、“封草造林育林”、“定居舍饲”、“移民转业”等政策措施,出现了种种问题。国家一些部委近来又提出,今后草原牧区要实行“转人、减畜、提效、增绿”的政策“新思路”。中共中央政治局常委、全国政协主席贾庆林同志在2011年第4期《求是》杂志上发表文章说:“如果大力推广人工草地,实行舍饲圈养就可以使90%以上的天然草场得以完全退牧。”对此,许多关心和研究草原、牧区、民族经济发展的各界专家、学者、干部、社会人士,曾不断发表质疑意见,并向中央反映问题,建言献策。

2010年11月,由中国科学院、中国工程院、中国科协主办的《科学时报》,连续在23日、24日、25日和28日各以整版篇幅,集中发表首席评论员和诸多专家学者对现行牧区草原政策措施的评论意见。参与的单位有:中国科学院、中国社科院、清华大学、北京大学、兰州大学、内蒙古社科院、内蒙农牧学院及农业部草原监理中心等。

值得重视的是,《科学时报》(2010年11月28日A1版)发表的清华大学生态保护中心2009年在《影响中国草原保护管理措施的主要政策评估》民意测验中,对来自牧区的40多位人士(包括政府官员、基层干部)进行牧区政策评估调查,标准为±5分值。结果是:文化多样性保护,5分;生物多样性,5分;草畜平衡,3.7分;草原承包,0.5分;定居,-1.5分;退牧还草,-2分;草原定位,-2分;围栏禁牧,-3分;生态移民,-3.6分;草原植树造林,-4分;公益林保护,-4.5分;全舍饲圈养,-4.5分;水土开发,-4.7分;草原开垦,-5分。

在《科学时报》发表的署名文章及报道中,许多专家学者从调研实践角度,对“退牧还草”、“围栏禁牧”、“以草定畜”、“定居舍饲”、“移民转业”、草原牧区管理机构等提出质疑。首席评论员王中宇则以《面对走向消亡的游牧文化》之一“成、住之道”、之二“坏、空之道”、之三“盛世歧路”为题,连续三日用三个整版篇幅,系统论述了历史上我国牧区草原文化发展,牧民生存智慧,草原生态系统共存;清代移民放垦把最好牧场变为最坏农田,把农牧交错区变为贫困带;到目前一切以GDP为标杆,在区域竞争、工业强旗、招商引资、草原流转的潮流冲击下,草原文化将在“盛世歧路”下,面临走向消亡的境地。其立论与实据,颇能振聋发聩。

---

* 李毓堂,曾任农业部畜牧局草原处处长、农业部牧区办公室主任、国务院京津周围绿化领导小组办公室副主任、中国草业协会常务副会长,现任中国系统工程学会草业专业委员会主任,高级经济师,研究员。

在此前后,《草业科学》(国家科技核心期刊)、《中国牧业通讯》(农业部主管刊物)等科技社会刊物,也发表过许多草业、畜牧、科技界人士对有关政策的讨论。包括:阐述建国以来中央制定实施牧区改革发展理论方针政策的正反经验,邓小平同志改革开放时期对牧区工作的指示,人民科学家钱学森关于发展牧区草产业经济和设立国家部级草原牧区管理机构的论述,以及向中央的建言献策。近来任继周院士还对"90%以上草原完全退牧"的观点,及时致函修正。

笔者现以亲身经历,就我国牧区工作的科学认知、历史经验、近期回顾、问题根源及未来对策作浅析探讨。

2 认知:牧区政策当否,基于对牧区战略地位与特点规律的认知

2.1 关于牧区在国计民生中战略地位的认知

牧区经济和草原文化是祖国大家庭的少数民族数千年来在草原(草山)地理环境条件下,创立发展的独特经济文化类型。由于其特殊的地理位置和民族特点,在国计民生中具有重要战略地位。

2.1.1 少数民族经济发展战略

我国草原(草山)牧区主要分布于西部蒙新、青藏、云贵高原和中南部武陵、大巴、南岭等山区的少数民族聚居区。草地畜牧业一直是少数民族赖以生存和发展的主体经济或支柱产业,是千百年来在草原环境下积累的人与自然、草与畜、生产与生态、经济与社会协调发展相互依存的经验与理念。草原和家畜既是牧民生产资料,又是牧民衣、食、住、行、用的生活资料。牧区民族在长期的生产生活中,创造了丰富多彩的物质文化与精神文化,发展了各具特色的音乐、舞蹈、民歌、演唱、传说、医学、绘画、工艺和民俗,共同缔造了中华民族的璀璨文明。

当前在国家工业化、城镇化发展迅速,东西部发展差距加大的新形势下,如何继承发扬牧区经济和草原文化优势,迈向现代化小康富裕跨越道路,以增进祖国统一和民族团结大业,是制定牧区政策的首要出发点。

2.1.2 边疆巩固战略

牧区地处东北、西北、西南边陲,战略地位十分重要。在我国争取经济发展跃居世界前列的同时,也应增强边疆民族后院的经济实力和民生基础,以达到边疆永固。这是制定牧区政策的基点。

2.1.3 粮食安全战略

我国草地面积是耕地的3.3倍,在全国人口日增、耕地日减、饲用粮在粮食中比重迅速加大的趋势下,通过建立草原饲草料基地,大量生产绿色蛋白质牧草饲料来代替饲用粮,可增加人用粮20%以上,以确保国家粮食安全,这是制定牧区政策应有的战略眼光。

2.1.4 国土治理战略

我国水土流失、沙漠化、石漠化扩展的主要地区是占国土41%的草原草山，其生态恶化的主要原因，并非来自千百年来就存在的草原畜牧业，而是来自外部大规模开垦破坏。由于种草是提高地被覆盖率、保持水土、防风固沙、恢复草原生态的最有效措施，因而种草和退垦还草，应是治理国土恢复草原优良生态的国策。

2.2 关于牧区特点和规律的认知

牧区经济基础和草原文化的源泉是草原畜牧业，它是草原民族在长期特定环境条件下，利用草地资源，发展畜牧生产，构建生活家园的绿色生产生态循环系统，具有以下特点和规律：

(1)这一系统是包括草原生态、家畜生产和牧民生计在内的相辅相承的统一体。草原生态是生产、生计发展的前提和基础；生产、生计是草原生态发展的目标和成果；牧民是协调两者关系，达到系统持久良性循环的关键和主宰。牧民素来追求的“水草丰美”、“人畜两旺”理念，就是对这一系统中三者关系的定位和升华，并体现于世代相传的牧民日常相互问候中。由此可见，牧民为了自己生产生计，历来是保护草原优良生态的最积极因素和最有力的维护者。这是制定牧区政策要认知的。

(2)牧民为了持久维护绿色生产生态循环系统，在草原畜牧生产上采取了分区游牧、逐水草而居的方式。按照时空条件，把草原划分为夏秋场与冬春场两大类(新疆的春秋场则在两类草场过渡带)。前者多为干旱草原或高山草地，后者多为河谷两岸草原和湿地草场，并留有丰茂的打草场，作秋季打草冬春储备之用。这一生产方式，保障了牧区绿色生产生态系统的持久良性循环。尽管有时由于气候反常，使系统暂时遭到损害，但经过人力抗灾和天时转化，都会很快恢复生机。如果不是遭到毁灭性的人为破坏，这一系统不会持续走向恶性循环。这是制定牧区政策当认知的。

(3)在草原生态结构中，光、热、水、土是决定牧草植被生长的主要因素。除光、热随时空分布外，水资源保护利用和土壤养分补给都同牧业生产有密切关系。牧民通过放牧家畜促进牧草生长和优存劣汰；通过人畜代谢，为土壤不断输送养分；通过利用水源浇灌草原；通过对野生动物植物、微生物的保护，维护生态循环和生物多样性；从而全面有机地保护着草原生态。因此，草原生态保护建设需要同人类活动牧业生产相结合。这是制定牧区草原政策须认知的。

历史事实表明，对上述牧区战略地位和特点规律的认知，是能否正确制定实施牧区政策的基础。

3 经验：建国后中央制定实施牧区方针政策的基本经验

3.1 成功的牧区政策

建国初，中央在牧区社会改革和经济发展理论方针政策上，采纳了乌兰夫同志在内蒙

古工作中的实践成果,作出了正确决策:

(1)在思想理论上,认知牧区社会经济的特殊性,即牧区封建游牧社会同农区封建社会不同;牧区牲畜既是生产资料;又是生活资料,牧区改革发展必须从经济特点和民族特点出发,采取慎重稳进的方针,不能照搬农区经验,不能急躁冒进;千条万条,发展畜牧业是第一条。

(2)牧区民主改革,实行"不斗不分,不划阶级,牧工牧主两利"、"草场调剂使用"的政策。在社会主义改造中,对牧主经济实行"赎买"政策,采取办合作牧场或公私合营牧场方式给予畜股报酬。在牧区合作化、公社化中,实行队为基础、给牧户足够自留畜的政策。

(3)在牧区、半牧区生产发展和经济建设上,实行以牧为主、围绕畜牧业发展多种经济的方针;牧区为国家提供畜产品,国家为牧区提供粮食。

(4)在草原保护管理上,严格实行"保护草原,禁止开垦"的政策。

(5)在草原牧业生产建设上,实施"牧业八字宪法"(水、草、繁、改、管、防、舍、工),促进科技进步和生产力发展。

(6)在国家牧区行政管理体制上,中央把牧区工作摆在关系民族团结发展和边疆巩固的重要议事日程:重大方针政策由毛主席、党中央直接决策,重要政策文献由党中央、国务院颁发,工作事务由中央统战部和国家民委主管实施;重要会议由中央主要领导人(毛泽东、刘少奇、周恩来、朱德等)主持或出席。这期间中央召开过三次牧区工作会议,多次组织过全国性的牧区方针政策执行情况的检查,纠正了各地许多开垦破坏草原事件。

事实证明,中央上述牧区工作理论方针政策是符合牧区实际和自然与社会发展规律的。它保证了牧区社会改革的平稳过渡,促进了牧区畜牧业经济的迅速恢复和发展。牧区牲畜头数由1949年的2900万头(只)增长到1965年的7400万头(只)。牧区出现了水草丰美、人畜两旺的景象。牧民收入大幅增长,富足程度超过农区。

综上所述,这一时期牧区工作成功经验的精髓在于:明智的领导,科学的认知,战略的定位,正确的决策和强效的管理机构。

3.2 "十年浩劫"的反面教训

在1966—1976年的"文革"中,随着党政机关瘫痪和错误思潮的泛滥,中央正确的牧区工作路线方针政策受到全面破坏,牧区经济遭到严重损害,主要表现为:

(1)"四人帮"一伙,在思想理论上批判"牧区特殊论",否认牧区经济特点和民族特点,提出"牧区向农区过渡"等谬论。

(2)破坏中央"以牧为主"的牧区经济发展方针,提出"牧民不吃亏心粮"等口号。许多地方取消了向牧区供应粮食的政策,反向牧区征派粮食征购任务,迫使牧区毁草务农。

(3)严重破坏保护草原、禁止开垦的政策,掀起全面开垦破坏草原的逆流。十年多时间里,全国开垦破坏草原3亿亩以上。内蒙古草原由13亿亩降到少于12亿亩,新疆草原由12亿亩降到少于9亿亩。被开垦的草原,大都是水草丰美的打草场或河谷湿地冬春草场。这就切断了牧区绿色生产生态系统的良性循环链条,使家畜陷入"夏饱秋肥冬瘦春

危”的恶性循环状态。由此引发草原超载过牧，自然灾害加重。同时，全国南北方25度以上草山草坡，也普遍发生陡坡开垦破坏现象。

在大规模开垦破坏草原并引发过牧趋势下，全国90%的草原植被退化沙化碱化，成为全国土地沙漠化、石漠化、水土流失及沙尘暴的主要源区。主要事例有：

· 内蒙古伊克昭盟，上世纪60年代开垦草原1千多万亩，造成土地沙化4千多万亩，年水土流失1亿吨以上。

· 青海环湖地区，上世纪60年代开垦草原570万亩，造成牲畜死亡570多万头。

· 新疆牧区，上世纪60年代后，通过不断把牧业公社的人工饲草饲料地和生产队，转变为农田和农业社队，开垦草原上亿亩，造成草原全面退化沙化与超载过牧。

同时，草原上的珍贵野生植物（发菜、麻黄、干草、虫草及胡杨林、梭梭林等）遭到毁灭性砍挖，草原上的珍稀野生动物（野牛、野马、野驼、羚羊、狐狸、鹰、雕等）遭到灭绝性猎杀，许多国家级保护物种频临消失。

（4）许多地方取消了自留畜政策。牧民生产收入下降到农区以下，生活陷入极端贫困。

综上所述，牧区“十年浩劫”的要害在于：“四人帮”一伙否定中央牧区工作的正确理论，全面破坏牧区以牧为主的方针和保护草原的政策；牧区行政管理失去强效的国家机构与机制；由于垦毁数亿亩核心精华草原，使草原绿色生产生态系统由良性循环变为恶性循环。这一沉痛教训，从反面证明了建国后中央对牧区工作领导和决策的正确。

4 回顾：近三十年来牧区改革发展历程与政策反思

4.1 改革开放初，小平同志和党中央、国务院多次作出关于恢复牧区政策，发展少数民族经济的指示与决定

（1）十一届三中全会前后，小平同志对牧区工作作过许多重要指示。主要有：关于“内蒙、新疆、青海过去牧区收入多，以后破坏了，要恢复起来”的指示；关于制定草原法，严格保护草原，做到“有法必依、执法必严、违法必究”的指示；关于“西北的不少地方，应该下决心以种牧草为主，发展畜牧业”的指示；关于“在西北各省飞播牧草，要召集专门会议，定出规划和具体措施，建立专门机构，组织实行”的指示；关于“空军要担负飞播牧草任务，要搞二十年”的指示；关于“种草防治水土流失”的指示；关于帮助内蒙古、新疆、西藏等少数民族地区发展的政策长期不变的指示；关于“农业改革实行家庭联产承包为主的责任制，实现第一个飞跃，适应科技发展和生产社会化需要，发展规模经营和集体经济，实现第二个飞跃”的指示等；这为牧区新时期改革发展指出方向道路。

（2）上世纪80年代初，胡耀邦总书记视察西北各省（区）时，发出“种草种树，发展畜牧，改造山河，治穷致富”的号召。

（3）1985年国家颁布首部《中华人民共和国草原法》。对草原所有权、使用权、承包经营权的确认、变动，保护草原的责任、义务，以及开垦破坏的处罚等，做了法律的规定。这

就把中央历来保护草原、禁止开垦的政策从法制上固定下来。

(4)1987 年国务院发布《全国牧区工作会议纪要》文件，作出十项规定。要点是：重申牧区经济和草原牧业对实现“四化”、保护生态环境、增强民族团结、巩固边防和社会稳定的重大经济和政治意义；重申牧区经济建设必须照顾牧区特点和民族特点，不要照搬农区经验和做法；重申牧区坚持“以牧为主，草业先行，多种经营，全面发展”的方针，半农半牧区要把牧业放到突出地位、发挥农牧结合优势、多种经营、全面发展；明确了牧业体制实行稳定和完善“草地公有，承包经营，畜牧作价，户有户养，服务现代化”的基本生产责任制；提出在草原建设上，要建立牧区育草基金，建立打贮草基地，发展牧草加工业；决定在牧区行政管理上，由农牧渔业部牵头，国家民委配合，各有关部门支持，制定牧区发展规划，指导、督促、检查牧区方针政策的贯彻落实和各项资金的管理使用。

(5)1984 年中共中央、国务院在《关于深入扎实地开展绿化祖国运动的指示》中明确指出：“在干旱、半干旱和水土流失严重，植树造林困难的地区，应当草灌先行”。

4.2　钱学森提出创建知识密集型草产业，牧区发展草畜工贸一体产业化合作经济和国务院设立部级草原行政管理机构的科学理论

1984 年后，时任中国科协主席的钱学森院士根据中央精神和多年在牧区调查的科学认知，提出迎接人类第六次产业革命，创建知识密集型草产业，在牧区优化草原生态基础上，发展种草、养畜、加工、商贸一体化的绿色产业合作经济。并上书国务院建议设立部级草原牧区行政管理机构。这为新时期牧区经济实现跨越式发展，指出了科学道路。

4.3　20 世纪八九十年代草原牧区工作的进展与问题

根据小平同志和中央历来牧区方针政策指示精神，参照钱老草产业科学理论，上世纪八九十年代我国草原牧区工作取得以下进展：

(1)建立了草地管理建设十大基础体系。包括：草地资源调查与动态监测，草原法制，草原家庭或联户承包经营，飞播牧草与人工种草，牧草良种育繁与检验，草原围栏与改良，草原防火与鼠虫害防治，草地科研与教育及技术推广，草地类自然保护区建设，草地牧业综合发展试点项目建设等。

(2)在牧区十多个省区开展的二十多个草地牧业综合发展试点，取得成功经验。试点实践中创立了牧区发展草、畜、工、贸一体产业化合作经济的系统工程框架与模式，获得国家科技进步二等奖和钱老的赞同。通过这一框架与模式，能够把牧区积存的各种老大难问题排列分解处理，达到生态、经济、社会效益同步增长，牧区经济实现专业化、社会化、商品化。各项牧区的成就，得到现场视察的党和国家领导人及省区领导的肯定和赞扬。

(3)这一时期，草原牧区工作中存在的主要问题：

①国家未能解决设立部级草原牧区行政管理机构问题，造成政令难行，有法难依，计划难施，问题难理，示范典型难以推广，科技成果难以转化，专业人才难学以致用。尽管钱老和许多人大代表、政协委员、各界人士及广大干部群众，不断呼吁国家设立部级草原牧

区专管机构，始终未能实现。

②“文革”中牧区被垦毁的数亿亩丰美核心草原未能退耕还草还牧，使牧区绿色生产生态系统不能从根本上恢复。

③牧区实行家畜私有私养后牲畜增长较快，但退垦还牧不能实现，人工草地建设不力，这就加剧了牧业冬春缺草与草原超载过牧。

④随着外来开发草原资源的势力越益强劲，开垦开挖草原的浪潮又一次袭来，造成草原生态更加恶化。

4.4 本世纪以来草原牧区政策的反思

4.4.1 正确全面的决策

2002 年国家重新修订颁布《草原法》，国务院发布《关于加强草原保护与建设的若干意见》文件。在新制定的法规和文件中，对草原保护建设的关键问题做了重要全面的规定。主要是：

(1)在新修订《草原法》中，增加了“对国家部门或工作人员，因玩忽职守、滥用职权、违法批准征用使用草原、侵犯权属及造成损失的，要追究法律责任，依法论处”的条文。这是在新形势下，应对当权者以权谋私、乱批乱占、开垦破坏草原行为的重要决策。

(2) 国务院文件中突破性地规定：实施对已垦草原的退耕还草政策。包括：确定退耕范围、重点区域、补偿政策、还草中的饲草料地建设措施等。

(3)提出了全面建立完善草原保护的制度。包括：建立基本草场保护制度，草畜平衡制度，划区轮牧、休牧、禁牧制度，推行舍饲圈养方式。同时提出要积极建设高产人工草地和饲草饲料基地，增加饲草饲料产量。加强以围栏和牧区水利为重点的草原基础设施建设。

以上决策，应是全面配套举措，具有整体性和先后因果关系。如能全面落实到位，将会开创恢复草原绿色生产生态系统的新局面。

4.4.2 走偏的政策措施

然而，仍然由于国家没有强效牧区草原行政管理机构保证，使上述新修订的《草原法》和国务院文件的规定不能全面落实，却被一些部门或地方以片面的政策举措替代，于是产生了种种偏差。主要表现为：

(1)“退耕还草”变为“退牧还草”之偏。这“耕”与“牧”的一字之差，就把“十年浩劫”造成草原生态破坏的主责与对策，由开垦者与退耕还草变为牧民与退牧还草。如此推行的结果，就把牧民本是保护草原生态的最积极因素被当作消极因素，从而把草原生态保护与牧民生产生计对立起来，这必然受到牧民抵制。于是到处出现政府发布“退牧”“禁牧令”后，“令易下，禁难止”的状况，造成生态生产双双受损。据统计，目前牧区 264 个牧区半牧业的 34 亿亩草原中，禁牧、轮牧、休牧已达 16 亿亩，家畜年饲养量近 3 亿羊(单位)，超载率 40%，相当于每年缺干草 1.4 亿吨以上。这关系着 1500 多万牧民的生存发展问题，如

何能长期靠“退牧还草”或“减畜”来解决？

(2)在没有配套设施前提下，单一推行定居舍饲之偏。舍饲是农区养殖方式。在牧区既未退耕还草，又未建立高产优质牧草饲料基地，没有足够的饲草饲料储备的情况下，有关部门就对未定居户推行定居舍饲。由于缺乏综合配套设施，舍饲圈养成本大增，政府补助难以应付牧民生产入不敷出。因而牧民虽住进现代设备的定居屋，却大都经营亏损，生活贫困，反加重了社会负担。据统计，目前牧区未定居牧户有 40 万户。如果没有完善的配套设施，何能达到良性的定居舍饲？

(3)草原建设单一推行围栏之偏。在实施“加强以围栏和牧区水利为重点的草原基础建设”中，由于牧区水利建设未落实和人工草地无力建设，有关部门就把围栏作为唯一重点措施，成为各地推行“退牧还草”、“草畜平衡”、“轮牧、休牧、禁牧”、“草原生态工程”等项目的主要措施，甚至认为围栏是投资少、收效大的措施。事实上，虽然围栏是放牧管理的现代措施之一，但如不因地制宜，不同牧业生产实际结合，并不能使严重退化沙化草原恢复植被。加上建设中追求数量及牧民抵制拆卸，普遍出现损坏严重、管理不力、收效不大等弊端。据统计，目前草原围栏已达 10 亿亩，产草量提高多少，说法不一。有的数字令人质疑。但对围栏流于形式，管护不力，损失浪费等问题，各地都有反映。

(4)推行围封草原“造林育林”之偏。我国在国土环境治理上，长期以来未能贯彻小平同志和中共中央、国务院关于种草防止水土流失和干旱区草灌先行的指示精神，一直实施以林为纲的方针，以致对草原草山的水土流失、沙漠化、石漠化和风沙源治理，也一概推行“造林”为主的措施。并以森林覆盖率代替地被覆盖率，作为衡量治理成果的唯一标准。在草原“造林”和“公益林保护”(实际上是围封灌丛草场)项目中，由于违背生态规律，往往造成苗木大批死亡和草原荒废，人财浪费严重，还加剧了林草、林牧矛盾。

(5)不顾“三牧”特点，推行牧民移民转业之偏。近些年来，在追求 GDP 增长和外来资本开发利益驱动下，许多地方一面在草原招商引资，开展工、矿、农、商、旅等草原开发项目，一面积极推行牧民移民转业政策。由于牧民惯于牧业生产技术和牧区生活，又缺乏资本；往往在移民后将补贴用完，就陷于失业贫困状况。据王中宇引自内蒙古社科院达林太对千户牧民移民调查，百分之百的牧户收入为负增长。据对 2003 年迁入呼和浩特市的 100 户移民牧户调查，89%的家庭进城后的收入比原来减少了；91%的家庭反映在城里找不到合适工作；94%的家庭表示只要条件许可，还是愿回去放牧。正如新疆牧区的一名哈萨克族学生在科学研讨会上说：“牧民不想放弃传统的生活方式和土—草—畜的牧业生产，即使被迫放弃有了钱，也失去生活方向”。据统计目前牧区有牧户 380 万户，照此移民转业，既解决不了草原生态恢复和“三牧”发展问题，反给移民区增加了劳动就业和社会保障的负担。

(6)草原经营长期止于分户承包之偏。改革开放初期，牧区在废除了人民公社家畜草原公有制后，实行了家畜户有户养、草原分户承包的责任制，结合贯彻《草原法》，把大部分草原使用权落实到牧户，颁发了草原使用证。这使牧民真正成为草原主人，从而调动了牧民保护建设草原和发展牧业的积极性，是完全必要的。但由于牧户承包的小片草原，不能

适应家畜发展要在大范围草原进行轮牧的需求，因而进一步发展规模经营和合作组织就成为必由之路。为此，上世纪80年代我们在全国开展的20多处草原牧工商综合发展试点建设中，在确认牧户草原使用权的前提下，创建了以家庭牧场为基础、牧工商服务中心为龙头的合作经济体，把牧户的专业化养殖、草原的统筹经营、畜产品加工销售的社会化服务融为一体，共同发展商品化经济，成功地实现了草畜合理配套，产业链接增值，效益三管齐下，"三牧"迅速发展。可惜这一模式，未能得到国家决策部门的认识和推广，以致30年来草原经营仍停留于分户承包阶段。在此体制下，硬要推行草畜平衡和禁牧休牧轮牧制度，就很难解决草畜矛盾，也不能达到服务社会化和产业增值，怎能使"三牧"走出困境？

4.4.3 牧区的重重危机

"十年浩劫"给牧区绿色生产生态系统造成的致命创伤未能医治；草原牧业陷于恶性循环仍在继续；牧民收入尚未恢复到多于农区水平，反而加大差距；外来开垦压力日益加大；国家行政管理体制长期失策；中央正确决策与法律屡屡落空；走偏政策的负面影响不断加大等等；使得牧区旧账未清，又添新债，问题叠加，矛盾交错，构成当前的重重危机。草原向何处去？"三牧"向何处去？成为关心国家大事的社会各界人士、专家学者、干部群众议论的焦点。前述《科学时报》发表的众多评论和清华大学对牧区政策的民意测验，就是这一危机的部分缩影。

5 根源：牧区危机的根源浅析

5.1 根源之一：国家决策部门对牧区在少数民族发展、边疆巩固和增强民族团结统一大业中的战略地位，缺乏足够认知

在祖国民族大家庭中，东部是工业化、城镇化、市场经济高度发展的前院，西部是面积大、资源丰富、发展滞后的后院。在东部赶超发达国家跃居世界先列的同时，需要巩固发展西部边疆民族区的后院。然而，近三十年来，牧区被当作生产畜产品的区域，地位无足轻重；时而又被当作生态绿化区，要"转人减畜"；对多年来社会各界人士呼吁国家设立草原牧区部级行政管理机构的建议，不予采纳；有些掌握资金和权力的部门，可以改变中央正确决策，出台不符合以人为本和科学发展观的走偏政策；如此等等。正如钱老当年感慨地说："许多领导同志讲我国社会主义建设，就是不提草业"，"草业是百年大计，涉及我们子孙后代的问题。国务院设一个小小的草业局，有什么做不到的呢？""这必有深层次的原因"。现在看来，这"深层次的原因"，首先在于决策层对牧区的战略地位缺乏足够认知。

5.2 根源之二：国家决策部门对建国后中央行之有效的牧区改革发展理论方针政策，缺乏足够认知

由于缺乏足够认知，在制定牧区改革发展政策时，就往往不顾牧区特点和民族特点，照搬农区经验；不注重发挥草原资源和牧民经营牧业的优势，而采取逆向演变方式处理牧区发展问题；不能从以人为本出发，尊重牧民是草原主人和生态维护者的地位，而是把牧民当作破坏"草原生态"的对象；由此制定的转业、减畜、禁牧、移民等措施，必然同中央历

来的科学决策相抵触，产生不良后果。

5.3　根源之三：国家决策部门对牧区草原绿色生产生态循环系统，缺乏足够认知

由于缺乏足够认知，就不能坚持实行“退耕还草”政策，贻误了重建草原绿色生产生态系统的时机。殊不知，“十年浩劫”垦毁的数亿亩牧区精华草原，其生产能力相当于一般草原的10倍以上，等于牧区每年失去一半产草量。要使被破坏恶化了的草原绿色生产生态系统恢复，首先要“退耕还草”，建立稳定、高产、优质的牧草饲料基地，而不能靠退牧还草减畜来解决。

5.4　根源之四：国家决策部门对草原生态治理的机理与关键技术，缺乏足够认知

由于缺乏足够认知，于是在草原生态治理上一味推行“围封禁牧”、“草原造林”等措施，未能把中央倡导的种草治土、飞播牧草、旱作种草、节水灌溉种草、补播土生草种及草、灌先行等重要措施作为主要手段，以致走入误区，产生弊端。

5.5　根源之五：国家决策部门对钱学森关于发展知识密集型草产业和草、畜、工、贸一体产业化牧区合作经济的科学理论和实践成果，缺乏足够认知

由于缺乏足够认知，面对牧区如何发展绿色高效现代商品经济问题，就照搬农耕、工商模式，要牧区走工、矿、农、商之路，从而把“三牧”发展引入“盛世歧路”。

笔者在从事牧区草原工作的60年中，曾在内蒙古、新疆、甘肃、西藏的蒙古族、哈萨克族、裕固族、藏族和夏尔巴人的牧区蹲点调查各近一年，也考察过世界草地牧业发达的新西兰、加拿大、美国、阿根廷等国的草地牧业管理、技术和生产方式，并同钱学森院士有过多年草业学术交往。从亲身感受中，深切体会到钱老创导的草产业和牧区草畜工贸一体产业化合作经济，是集现代草地牧业科学管理与技术之智慧，贯穿中央历来牧区改革发展正确理论方针政策精髓，发挥牧区特点优势，系统解决牧区积存的老大难问题，发展专业化、社会化、商品化的现代牧区经济，实现跨越式发展的科学之路。并已为多年来诸多试点成功经验所证实。本世纪以来全国草业界和科学界人士，曾多次联名上书国务院，呼吁将钱老创导的草产业列为牧区振兴和国土治理的战略方针与国策，也曾得到温总理的多次批示。然而至今未能得到国家决策部门的认知与采纳，切实发人深省。

5.6　对策：实施认知建部、退耕增草、绿产康富的牧区方针政策

根据上述对牧区经济特点、民族特点和在国计民生中战略地位与草原绿色生产生态循环系统的认知，对建国后中央制定实施的牧区改革发展理论方针政策的正反经验的总结，对近30年来牧区工作的历程和政策的反思，对当前牧区危机与根源剖析以及小平同志和钱学森院士关于新时期牧区发展的指导思想和科学理论，特提出当前与未来牧区改革发展方针政策建议如下：

5.6.1 认知设部

国家决策层应把以人为本和科学发展观精神，贯彻到发展牧区生态经济和草原文化上来，把牧区工作摆在国家民族发展团结、边疆繁荣巩固的战略位置，重温中央历来制定的牧区改革发展正确理论方针政策，首要行动集中于尽快建立国家部级牧区草原行政管理机构和相应机制，为国家和人民把牧区的事情办好。

5.6.2 退耕增草

坚决实施“退耕还草还牧”政策。把“文革”以来被垦毁的草原，不论成为农垦地、撂荒地或小老头树林荒地，一律退还牧区建成稳定优质高产的饲草饲料基地。要按照国务院2002年文件的规定，将退耕还草区域、地块、补偿办法和重建人工草地计划措施落到实处，并由国家主管部门会同地方政府和当地牧民代表，组织验收。

要集中力量采取飞播、机播、人播、松土补播和旱作、雨作、节水灌溉等方法，在不同类型草原区广种适合当地生长的乡土草种及适应性强的优良草种。大力兴修牧区水利，重点修建人畜饮水和饲草料基地节水浇灌工程。要建立牧区抗灾保畜、越冬度春、短期育肥的各种类型饲草料贮备库。全面推广烘干、微贮等牧草饲料精细加工技术，保证牧草丰产丰收，保质保量。在大量增草基础上，结合调整畜群结构(调整畜种与母畜比例)、开展短期育肥出栏(减少公、老畜过冬压力)等措施，达到草畜相对平衡，增草增畜。同时，要对围栏整顿维修，发挥其在草地牧业管护中的积极效用。通过全面开展上述综合措施，逐步达到草原生态优化，牧业高效发展。

5.6.3 绿产康富

发展草畜工贸一体化绿色产业合作经济，全面建成牧区小康社会，实现牧民共同富裕。

在不断完善草原管理建设十大体系基础上，把发展草畜工贸一体化绿色产业合作经济，列为牧区现代化建设的主要目标与国策。为使这一合作经济达到专业化、社会化、商品化的目标，按照草产业系统工程模式，在实施中要抓好生产系统(含自然生态、种植、养殖、加工、商贸分系统)和管理系统(含社会、技术、经济、生态分系统)，并把科教系统融合于生产、管理两大系统中。在运作上，实行三个三结合(种、养、加结合，产、科、培结合，牧、工、商结合)和五项改革措施(改革体制、技术、经管、流通、领导方法)；通过系统运作，把牧区生态生产管理中存在的老大难问题，化解于产业工程系统建设中。从而建立起综合发展的、资源集约的、能量循环的、科学管理的、生态优化的、多层次高效益的绿色产业生态经济体系，使“三牧”在充分发挥民族经济特点和资源优势下实现跨越式发展。

由于在现行草原牧业分户经营只能生产初级畜产品的体制下，牧民要维持增人增产增收的生计，就必需增加牲畜头数；而硬性采取“转人减畜”行政措施，把牧民从草原上扫地出门，势必伤及牧民切身利益，又绝不可取；因而通过改革牧业生产经营体制，发展以家庭牧场(饲草专业户)为基础，产业服务中心或牧工商企业为龙头，包括个体、集体和国营经济成分在内的经济联合体，这就把小型分散的小牧经济通过草地入股、专业养殖、工商

劳务和科技普及,组织到了规模经营的大生产中来,还可把有志投资牧区的外来企业结合进来,这就实现了小平同志指出的体制改革的“第二次飞跃”。同时,通过一、二、三产业结合和 1:2:2 的增值效应,顺乎自然地使草原生态达到减畜增绿,联合体达到企业增值,牧民增收。联合体的发展又可拉动地方各行各业和科教事业发展,从而扩大牧民劳动就业,促进牧区中小城镇建设,确保牧区全面建成小康社会,实现牧民共同富裕。

这一绿色产业小康富裕的牧区合作经济,既发扬了传统草原牧业绿色生产生态系统的优势,又跨越了牧业小型、分散、初级生产的经营方式;既吸收了世界草原牧业发达国家的先进经验,又不照搬其模式;是中国特色草原牧业现代化之路,也是实现中国特色大农业现代化的重要组成部分。

河西走廊肉苁蓉产业发展现状及对策

张　勇* 　韩多红　李庆会

肉苁蓉，又名大芸、地精，为列当科苁蓉属多年生肉质草本寄生植物，是国家二级保护植物，被赋予"沙漠人参"的美称，具有极高的药用、科研、经济和生态价值。

1　肉苁蓉属植物概况与药用价值

1.1　肉苁蓉属植物概况

肉苁蓉属（*Cistanche* Hoffmg. et Link）植物在全世界约有 20 个种，我国有 5 个种，分别为肉苁蓉、管花肉苁蓉、盐生肉苁蓉、沙苁蓉和深裂肉苁蓉。其中，肉苁蓉（*C. deserticola* Ma）主要寄生于藜科梭梭属梭梭、白梭梭植物的根部，主要分布于内蒙古、新疆、甘肃等地，现已人工栽培成功，药用价值很高，为正品；管花肉苁蓉（*C. tubulosa*）主要寄生于柽柳科柽柳属所有种的根部，主要分布在新疆，现已人工栽培成功，药用价值很高，亦为正品。盐生肉苁蓉（*C. salsa*）主要寄生于藜科小蓬属、碱蓬属、猪毛菜属、盐爪爪属、驼绒藜属等植物根部，主要分布于内蒙古、新疆、甘肃、宁夏、青海等地，药用价值一般，常为代用品。沙苁蓉（*C. sinensis*）主要寄生于柽柳科红沙属红沙的根部，主要分布于内蒙古、新疆、甘肃、宁夏、青海等地，民间入药。深裂肉苁蓉（*C. fissa*）主要寄生于藜科小蓬属植物根部，分布于新疆，药用价值一般。肉苁蓉（*C. deserticola Ma*）于 2000 年经中华人民共和国提议，在第十一届缔约国大会上获得通过，列入了《濒危动植物种国际贸易公约》（CITES）附录二。

1.2　肉苁蓉的药用价值

肉苁蓉（*C. deserticola* Ma）以其肉质茎入药，最早记录于东汉时成书的《神农本草经》中，距今已有 1800 多年历史，具有补肾阳、益精血、润肠通便之功效，用于男子阳痿、女子不孕、腰膝冷痛、血枯便秘等症，在历代补肾阳处方中使用频度最高。其被收录在《中华人民共和国药典》中，作为中药材"肉苁蓉"的正品使用。管花肉苁蓉（*C. tubulosa*）于 2005 年首次收录入《中华人民共和国药典》，也作为中药材"肉苁蓉"的正品使用。其余沙苁蓉（*C. sinensis*）、盐生肉苁蓉（*C. salsa*）和深裂肉苁蓉（*C. fissa*）3 个种有时也被用作代用品和伪品。近年来，经过现代生物化学与药物学研究，已将肉苁蓉属植物中的化学成分

* 张勇，博士，河西学院教授。

基本记录完毕，确定其中的药用成分主要是苯乙醇苷类、环烯醚萜及其苷类、木脂素及其苷类等物质，在防治老年痴呆症、健肾、提高免疫力等方面功效显著。

2　河西走廊肉苁蓉及寄生植物分布状况

2.1　野生梭梭和柽柳分布状况

河西走廊野生梭梭分布面积较大，总面积318.7万亩，其中武威20万亩(民勤5万亩、古浪5万亩、石羊河10万亩)；酒泉市279.2万亩(肃州区0.05万亩、玉门市0.06万亩、瓜州县20.35万亩、敦煌市0.75万亩、肃北县250万亩、金塔县8万亩)；张掖市19.5万亩(临泽县8.2万亩、高台县4.6万亩、肃南县1.8万亩、甘州区2.5万亩、民乐县2.4万亩)，多以上世纪七八十年代人工造林为主。其中约有100万亩可接种荒漠肉苁蓉。

甘肃省有天然野生柽柳林面积25.4万公顷，主要分布在兰州市、敦煌市和酒泉市，其中敦煌市10.5万公顷，玉门市6.7万公顷，瓜州县4.8万公顷，金塔县2.8万公顷，其余0.6万公顷分布在武威市、酒泉市肃州区、肃北县、阿克塞县。

2.2　人工梭梭和柽柳分布状况

人工梭梭林，甘肃省有4.22万公顷，主要分布在武威市、张掖市、酒泉市、敦煌市和玉门市，其中武威市2.87万公顷，占甘肃其全部人工梭梭林面积的68%；甘州区0.17万公顷，临泽县0.55万公顷，高台县0.31万公顷，民乐县0.16万公顷，肃南县0.12万公顷，瓜州县0.06万公顷，其余分布在肃州区、金塔县、玉门市、敦煌市和阿克塞县。大面积的梭梭人工林，为发展肉苁蓉人工栽培奠定了雄厚的物质基础。肉苁蓉产业的发展，又促进了梭梭人工林营造。

甘肃人工柽柳林面积11712.0公顷，主要分布在武威市4788.5公顷，敦煌市2476.9公顷，金塔县2300.1公顷，酒泉市肃州区1420.7公顷，其余723.1公顷，分布在玉门市、瓜州县和阿克塞县。

2.3　河西走廊野生肉苁蓉的分布现状

肉苁蓉为我国西北地区特有的草本寄生药材，寄主植物的分布决定了肉苁蓉资源的分布区域和主要产区。根据调查，肉苁蓉在河西走廊主产于甘肃张掖、武威、肃北、瓜州等地；沙苁蓉和盐生肉苁蓉在河西走廊也有分布；管花肉苁蓉在河西走廊未见分布。

甘肃省野生肉苁蓉较少，一般零星分布在梭梭林中，很难一见，目前有分布记录的肉苁蓉面积0.7公顷。

3　河西走廊肉苁蓉资源开发利用现状

3.1　河西走廊肉苁蓉的人工栽培状况

由于肉苁蓉寄主具有很好的防风固沙保持水土效能，各地在很早前的生态环境建设

工程中就营造梭梭林。但肉苁蓉的栽培还是近年开始起步的。甘肃省在梭梭林中人工培植肉苁蓉3251.2公顷,其中武威市最多,面积达2193.5公顷;其次是张掖市,面积866.7公顷;2009年人工培植肉苁蓉面积最大的经营单位武威市民勤县勤锋林业实验站,培植肉苁蓉面积达到400公顷,其次是民勤县天盛农副土产有限责任公司,面积为200公顷。目前,人工培植肉苁蓉均以采种籽为主,没有进行大规模的商品性肉苁蓉采挖。

张掖市自2006年开始进行肉苁蓉接种试验示范,结合本地区治理沙漠的实践经验,开展肉苁蓉人工栽培技术示范,成效显著。截止目前接种肉苁蓉13000亩,共栽培肉苁蓉130万穴。围绕进一步提高成活率开展成果熟化工作,使梭梭人工接种肉苁蓉成活率由15%左右提高到30%以上,亩鲜品产量由50公斤提高到100公斤。

3.2 河西走廊肉苁蓉资源开发利用现状

甘肃省目前从事肉苁蓉加工利用的企业主要有民勤县天盛农副土产有限责任公司、兰州佛慈制药股份有限公司、甘肃凯源生物技术开发中心等。其中民勤县天盛农副土产有限责任公司主要生产"天盛嘉苁牌"荒漠肉苁蓉原药材,年产量为1250公斤;兰州佛慈制药股份有限公司主要从事中成药的生产、加工和销售,其产品有苁蓉补肾丸和参茸固本还少丸。河西学院凯源生物技术开发中心主要从事锁阳螺旋藻等产品的开发,肉苁蓉和螺旋藻如何配伍也是该中心下一步研究的重点。

4 河西走廊发展沙产业(肉苁蓉生态产业)的优势

河西走廊处于我国三大沙漠之中,北部是巴丹吉林沙漠,东北为腾格里沙漠,西南是库姆塔格沙漠,自然生态条件恶劣。种植肉苁蓉或管花肉苁蓉必须首先种植寄主植物梭梭或柽柳属植物,这二属植物具有很好的治沙和固沙作用,是治理沙漠的优良植物。肉苁蓉或管花肉苁蓉寄生于寄主植物的根部,一般在根部接种、在地下生长3～5年后出土、开花、结果,完成该植株的生命周期,其基部又能萌发出新的植株。采挖肉苁蓉药材,一般在其出土前采挖,采挖后将沙土填好,不影响沙漠环境。

种植肉苁蓉生产周期短,见效快,第2～3年,可亩产鲜品约100公斤(干品15公斤),种植后可连续采收10年左右。发展肉苁蓉由于经济效益可观,可以实现经济效益与生态效益的有机结合,变被动治沙为主动治沙,变由政府主导治沙为全社会共同治沙,变害为宝,创新治沙的新模式。因此,肉苁蓉、管花肉苁蓉及其寄主植物的栽培具有很好的治理沙漠优势。

种梭梭—接种肉苁蓉—肉苁蓉深加工产业链,是"多采光、少用水、新技术、高效益"沙产业理念的最好体现,已成为了中国沙产业的主力军。

5 河西走廊发展肉苁蓉生态产业存在的问题与对策

5.1 河西走廊发展肉苁蓉生态产业存在的问题

保护与利用的矛盾日益突出。大量野外工作证实,肉苁蓉属植物由于其寄生生物学特性,在自然状态下,寄生成功率不及千万分之一;加之以前人们当作药材过度采挖,使得肉苁蓉没有开花结实、自然繁殖的机会,造成了濒危状况。又因梭梭是骆驼的优良饲料和当地群众的燃料,因此过度放牧和大量砍挖梭梭,也使肉苁蓉的寄主处于临危的境地。

人工培育接种成活率不高。目前梭梭接种荒漠肉苁蓉成活率为15%左右,基地建设中须有较大资金投入,因此,提高接种成活率势在必行。

还没有制订相关的技术标准。目前缺乏(1)肉苁蓉种子分级标准;(2)肉苁蓉鲜品质量分级标准;(3)栽培技术标准。

肉苁蓉产品的深度开发急需加强。目前,肉苁蓉仅为鲜品(礼品)和初级产品(苁蓉酒、苁蓉螺旋藻),深度开发的产品还不多见,阻碍产业的发展及效益的提升。

5.2 河西走廊发展肉苁蓉生态产业的对策

肉苁蓉产业发展壮大是复杂的系统工程,需要多方合作,坚持在“保护中发展,发展中保护”的原则,建立产、学、研相结合的科技创新体系。为此,我们对河西走廊发展肉苁蓉生态产业提出了如下对策。

5.2.1 制定展规划,大力开展人工造林,建立人工生产肉苁蓉基地

河西走廊目前已开始规模化人工种植梭梭和柽柳、接种肉苁蓉。但应因地制宜搞好苁蓉产业的发展规划,把生态治理项目与苁蓉产业一同规划,把生态建设与发展后续产业一同规划,把资源开发与产业集群、综合利用一同规划。建立人工生产肉苁蓉基地,对已严重退化区及植被新建区,引入肉苁蓉种源,使荒漠植被与肉苁蓉同时增长,经济收益与环境质量并行发展。

5.2.2 各级政府要积极扶持各类企业发展苁蓉产业

积极扶持和培育现有企业和研发中心,如甘肃凯源生物技术开发中心等,争取将其培育成龙头企业。各级政府和有关部门要在努力争取国家发展西部优势特色产业政策倾斜和项目、资金支持的同时,还要在税收等各个方面对发展苁蓉产业提供优惠政策。特别是要按照创建知识密集型产业的要求,支持企业开发新产品,延伸产业链,提高资源利用率和效益。如2008年,张掖市委、市政府出台了《关于发展特色优势产业促进农民增收的实施意见》,提出了要大力发展肉苁蓉产业。

5.2.3 与研发机构结合,大力开展肉苁蓉产品深加工和高新技术开发

目前,河西走廊大部分地区的肉苁蓉都是简单的晾晒和切片或鲜食等初加工。为此,要主动引进一些公司和企业,进行肉苁蓉产品的深加工和高技术开发,增强其附加值。如

与甘肃凯源生物技术开发中心、台湾杏辉天力公司开展技术经济合作，提取肉苁蓉的松果菊苷、毛蕊花糖苷等有效成分，开发苁蓉螺旋藻、苁蓉保健胶囊、保健酒、茶等新产品等。

5.2.4 建立肉苁蓉产业发展的地方性法规，开展农民技术员的培训工作

建立健全苁蓉产业发展的地方性法规。包括种植、管理、收购等办法，大力打击偷挖、滥盗等非法行为，对河西走廊的肉苁蓉产业建立统一的种植、管理、销售等模式。大力开展农民技术员的技术培训工作，依靠广大种植户科技素质的提高，发展特色产业。

5.2.5 利用现代生物工程技术和手段，实现肉苁蓉产业的持续性发展

利用现有研究成果，结合生物工程技术手段，进行工厂化组培开发生产肉苁蓉，从肉苁蓉组织培养物中直接提取有药用价值的活性成分。采用基因工程技术，合成肉苁蓉生物活性物质，直接得到肉苁蓉甙类化合物、抗衰老活性物、D-甘露醇和肉苁蓉杂多糖等生物活性物质并加以利用，可减少对野生肉苁蓉的过量采挖，实现肉苁蓉生态产业的持续性发展。

沙产业是沙漠科学的重要发展方向

董治宝*

1 沙产业的概念

沙产业的构想是中国著名科学家钱学森于1984年提出来的,在此后的20多年里,人们对沙产业的理解在实践中不断深化,专门组织,如中国治沙暨沙业学会,甘肃省沙草产业协会,内蒙古沙产业、草产业协会等在积极地推动沙产业的实施与发展,专门研讨会也经常举行,如在2010年8月7日,国家科技部、国家林业局、宁夏回族自治区政府在银川主办了“首届中国(宁夏)防沙治沙暨沙产业高峰论坛”。但目前沙产业的进展缓慢,究其原因是在决策层和广大社会层面上尚未深入人心。大多数人对沙产业的概念缺乏清晰的认识,许多人更是望文生义,对沙产业的理解停留在字面上,很少去领会其实质和内涵。

关于对沙产业概念的肤浅理解,我们在此列举几种:(1)将沙产业视为地域性的资源开发型的综合产业。在广阔沙区蕴藏这天然矿产资源,除煤、石油、天然气外,水晶石、萤石、盐、碱、芒硝等也具有开发潜力。所以,有人认为,沙产业就是诸如上述沙区资源的开发。(2)认为沙产业是特色植物资源的开发利用。将沙产业局限为只是对沙漠天然生长、自然繁衍形成的灌木、半灌木和草本植物群落的开发利用,着眼于以企业为据点开发出具有沙区特色的产品,以活跃地方经济、增加社会财富。(3)认为沙产业是沙丘沙的开发利用。开发内陆沙漠、沙地、滨海沙地的沉积物,作硅砂工业应用及沙物质的建材利用等方面的实业。(4)认为沙产业是防沙治沙的重要内容或沙产业即是绿洲农业和沙地农业。(5)认为沙产业是沙区的旅游开发。近年来,随着交通工具的改善和生活水平的提高,中国各地沙区开辟了不同形式的旅游区,获得了比较好的经济效益。所以,有的人将沙产业局限在沙区旅游方面。

那么,作为世界顶尖科学家,中国的航天之父,钱学森为何在其人生的最后20多年里将相当多的精力投入倡导沙产业? 2008年1月19日国家主席胡锦涛在看望钱学森时,特别提到钱学森的两大突出贡献:系统工程理论和沙产业理论。沙产业理论何以上升到如此高度? 沙产业必然有其深刻的内涵,对其深入解读是很有必要的。

从沙产业构想的提出到完整概念的形成,钱学森本人也经历了基于深入思考的认识发展。自1984年沙产业的构想提出后,1995年在甘肃河西走廊沙产业开发工作会议上,针对许多人对沙产业的模糊认识,钱学森在书面发言中明确指出:“什么是沙产业? 沙产业就是在‘不毛之地’搞农业生产,而且是大农业生产。这可以说是一项‘尖端技术’! 能

---

* 董治宝,中国科学院寒区旱区环境与工程研究所沙漠与沙漠化重点实验室主任,研究员。

行吗？甘肃人民在省领导和地区领导的带领下，不是创造了'多采光、少用水、新技术、高效益'的中国沙产业吗？这一成就不就启示我们发展尖端技术的沙产业，也就是用现代生物科学的成就，再加水利工程、材料技术、计算机自动控制等前沿高技术，一定能够在沙漠、戈壁开发出新的、历史上从未有过的大农业，即农工贸一体化的生产基地。在国外，以色列已经走在了前面，我们要用搞'两弹一星'的精神赶上去，超过他们！再次用行动证明我们中国人是了不起的！"（刘恕主编《沙产业概述》，21 页）。钱学森在这段讲话中很明确地提出了沙产业的概念，同时表达了他对沙产业的厚望和坚定信念。我们认为，沙产业是一个伟大的构想，包含着高深的内涵，对其理解必须循着钱学森的思路去深入解读，决不能望文生义，停留在表面的理解上。

2 沙产业的内涵

我们认为，对沙产业的深入理解需要把握以下几个方面：

2.1 沙产业是农业型的知识密集产业

1984 年，应中国农业科学研究院的邀请，钱学森在该院科技委员会会议上做了《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》的科学报告，首次提出了沙业产业的构想。钱学森指出，农业型的产业是指以太阳为直接能源，靠地面上植物的光合作用来进行产品生产的体系。农业型产业有得天独厚的优势，发展潜力巨大。首先，太阳光是一个强大的能源，在中国的地面上，每平方厘米每年就有 120～200 大卡的能量，即每亩地每年接收到的光能量相当于 114～190 吨标准煤！这是得天独厚的优势。其次，限于水和肥的供应，光合作用所必须的二氧化碳在大气中的浓度、植物本身的能力等方面的因素，上述巨大太阳能只有不到 1%的部分转变为植物产品，太阳能的利用效率有很大的提高空间，农业型产业发展潜力巨大。

所以，沙产业构想的核心是如何最大限度地通过植物的光合作用将太阳能转化为人类生存与社会发展所需要的物质，如何最大限度地提高人类对植物光合作用产物的利用效率。但是，如何提高植物光合作用对太阳能的利用效率？这是农业生产的任务。如何充分利用植物光合作用的产品则依赖于科学技术的发展水平，涉及许多门学科，使农业型产业形成知识密集产业。按照钱学森的构想，农业型的知识密集型产业包括五大类：第一类是农业产业，以种植粮食作物和经济作物为基础。但它包括的不只是种植业的农，也有绿化的林，养畜的牧，养家禽的禽，养鱼的渔，也有养蜜蜂、蚯蚓等虫业，还有菌业、微生物（沼气、单细胞蛋白）业，当然也必须有副业和工厂生产的工业，所以是十业并举的农业产业体系。第二类是林业产业，这里的林业不光是种树，而是又一类农业型的知识密集产业。如果包括宜林荒山，我国林业面积可达 45 亿多亩，是耕地面积的两倍多。第三类是草业产业，是草原经营的生产。我国的草原面积，如果包括一部分可以复原的沙化了的面积，一共有 43 亿亩，为耕地面积的两倍多。但是，目前草原的经营利用十分粗放，效益很低。应当突破传统放牧的方式，利用科学技术把草业变成知识密集的产业。第四类农业

型的知识密集产业是海业产业，利用海洋滩涂的产业。我国近海有70亿亩海洋滩涂，其中浅海滩涂为22亿亩，的确是一个庞大的资源。主要靠海洋中天然生物光合作用的产物，以此为饲料来经营鱼、虾、贝等的养殖和捕捞。第五类农业型知识密集产业是利用沙漠和戈壁的沙业产业。我国沙漠和戈壁大约16亿亩，和农田面积一样大。沙漠和戈壁并不是什么也不长，极干旱不长植物的只是少数，大部分还是有些降水，有植物生长，有的还长不少的多年生小植物，也有小部分干旱地沙漠化了，那是可以考虑引水灌溉的。目前人们从沙漠和戈壁获取的只限于特产的药材，但也只采不种。沙漠戈壁的潜力远远没有发挥出来。作为沙业产业，就应该既采又种，提高产量。

2.2 沙产业属第六次产业革命

产业革命，一般是指由于科学技术上的重大突破，使国民经济的产业结构发生重大变化，进而使经济、社会等各方面出现崭新面貌。至于世界上究竟发生了几次科技革命和产业革命，由于学术界对产业革命的界定和区分方法有分歧，故说法不一，但一般认为科技革命是指人类在科技方面获得重大突破，建立了新的科学理论体系或革新了传统的工艺过程。科技革命是产业革命的前提和条件，没有科技上的重大突破，产业结构不可能发生根本性变化。不过这也并不意味着科技革命立即会引起产业革命，科技上的重大突破只有带来了产业结构的深刻变化，直接改善了社会的面貌方可称之为产业革命。

一般认为，世界上已发生了三次科技革命，而且正在萌发第四次。至于产业革命，对第一次科技革命后引起产业结构的根本变化称为第一次产业革命意见一致，而对第二、三次科技革命与产业革命时期的划分是否一致的问题看法不一。一般认为，从17世纪的科学革命到发端于18世纪60年代的以蒸汽机的发明和使用为标志，在英国首先产生的第一次产业革命，系指以手工技术为基础的资本主义工场手工业过渡到采用机器的资本主义工厂制度的过程。第二次产业革命是从19世纪中叶电磁理论的建立到19世纪60年代后在德国开始的以发电机和实用的内燃机为标志的产业革命。而第三次产业革命是指从一战前后相继建立的相对论、量子力学、原子物理学、基本粒子物理学、电子学等一系列新学科到20世纪40年代在美国开始的以原子能、电子计算机和空间技术的广泛应用为主要标志的产业革命。

钱学森(1984)根据马克思、恩格斯的历史唯物主义，即物质资料生产方式的变革影响到整个社会发生飞跃，指出在人类社会历史上已经出现了四次产业革命。我们现在要迎接以信息为核心的第五次产业革命，同时要预见到第六次产业革命。第六次产业革命与农业科学技术的关系特别密切。现在我国农村正在发生着日新月异的变化，更要有这个思想准备。何以称六次产业革命？按照钱学森的划分，第一次产业革命发生在大约距今1万年左右，以农业、畜牧业的出现为标志，人类从采集、打猎为生发展到能从事生产，获取食物，至少部分地主宰了自己；第二次产业革命的标志是人类开始有了商品生产，即生产不仅是为自己消费，而且为了交换；第三次产业革命的标志是用机器动力来生产，就是我们一般指的17世纪末到18世纪初出现在西欧的那次产业革命；第四次产业革命发生

在19世纪后期,出现了电力、通信,整个生产过程不是工厂一家一户地生产了,而是产业集团的生产,在政治上出现了垄断资本主义;第五次产业革命就是现在全球范围内出现的信息革命,把世界都沟通了,引起了生产上深刻变化;农业产业、林业产业、草业产业、海业产业和沙产业的建成是未来的第六次产业革命,可能在21世纪出现。

3 沙漠科学与沙产业

3.1 沙产业是防沙工程的发展

钱学森指出:"沙产业是从已经有基础的防沙、治沙、固沙事业开拓出去,再上新台阶。"(刘恕主编《沙产业概述》,19页)。所以,沙产业是防沙工程的组成部分。沙漠是地球陆地生态系统的重要组成部分,在维持地球生态系统的多样性方面具有十分重要的意义,没有沙漠就不会有那么大面积的湿润地区,如热带雨林。在中国,有的学者甚至断言,没有沙漠就没有黄土高原,也就不会有华北平原的形成,甚至也就没有中华民族。所以,人类必须以辩证的思想对待沙漠。

盲目地开采沙漠必然要付出沉重的代价。在地球南北回归线附近的陆地表面,分布着占陆地面积1/3的干旱少雨的荒漠、半荒漠地带。不少干旱荒漠地区曾是人类栖息之地和文明发祥地。大气干燥,多风少雨,自然地理条件非常严峻。因此,居住在这里的群众生存发展十分艰难。这些地方多属于贫穷、不发达地区,是产生"生态难民"的根源地。被称为在20世纪70年代发生除两次世界大战外,最悲惨的、人口死亡最多的发生于非洲的"萨赫勒灾难",即是典型的例子。20世纪80年代非洲萨赫勒地区,因干旱使粮食减产达80%,在1984年9个月间,埃塞俄比亚饿死人口有30万,400万人流落他乡。由于生存的需求。百年来人们不断探索着谋生的手段,但遗憾的是几乎所采取的经济活动,无一不是在取得经济效益喜悦同时,付出了生态破坏的代价。

人类开发中引起环境恶果的例子也发生在其他地区。最为明显的例子有:加拿大、美国被开垦的草原上的黑风暴,曾迫使开发移民的大迁移和成批农场废弃。赫鲁晓夫的垦荒运动有过戏剧性的大起大落,引起土地荒漠化问题。前苏联中亚地区,以改造沙漠为目的,将水系引入人工河道,建成卡拉库姆等运河,灌溉1620万公顷土地;30年后由于水浇地的地下水位普遍上升,土壤大面积盐渍化,咸海面积缩小,成为生态灾难。30年来,世界上干旱、半干旱地区不同民族的牧民都异口同声地在实践中总结出一条教训:"耕地多了,但产量小了";"水多了,但草少了";"羊多了,但肉少了"。干旱、半干旱地区人类不合理的开发活动,导致了对第一性生产力即植物光合作用物质基础的丧失。不节制的滥用,不仅是对资源的掠夺,而且是对生产力潜能的破坏。上述实例,提醒人们注意,在特殊自然环境下,对待荒漠自然要素的盈缺远非像"木桶理论"表达的那么简单,不能凭借现有的常识、强大的技术和资金达到目的。需要周密、审慎的科学规划和正确的战略。"沙产业"理论,突破传统思维的束缚,扬长避短,倡导以提高光合作用效率和控制消耗水分为特征的正确开发方略。

悲观地等待也是不可取的。从历史上以及过去的50多年,中国在沙漠过度开发过程中也付出了生态环境恶化的代价。20世纪80年代之后,在吸取过去盲目开采的沉痛教训后,中国的防沙治沙指导思想开始转向另一个极端,面对沙漠和沙漠化的扩展,我们似乎只有一条可选择的出路,那就是限制人类的任何活动。在"严防死守"的思想指导下,中国的科技工作者在防沙治沙方面做了大量的工作,取得了丰功伟绩。那么限制任何形式的人类活动,沙漠中的资源何以为人类服务? 20世纪末,沙区人民和科技工作者对沙漠的认识逐渐树立了辩证的思想,不仅要充分认识到其不利的一面,而且要看到其有利的一面。设法在防沙治沙中获得一定的经济效益,即在沙区积极地尝试沙产业。在中国沙区各地涌现出的企业治沙就是有益的尝试。当前世界人口进入了快速增长的阶段,据有关报告估计,人口在未来的增加,将集中在目前缺吃少穿的贫困地区。人口增加增大了对食品的需求。至今,世界上还有数以亿计的人挣扎于食品匮乏的环境中。据2000年联合国粮农组织报告,全球食不果腹者高达79亿,粮食极度匮乏的国家也有33个之多。保障人类粮食及食品需求任务仍十分艰巨。实际上,为维持人体生存所需热量和生命元素,主要是通过植物光合作用转化太阳能而来。太阳能是生命之源。农业被称为是"当今世界最广泛利用太阳能行业"。幅员辽阔的干旱、半干旱地区,其充沛的日光辐射,有可能造就极高的植物生产力。以充分利用阳光提高光合作用效率和节水技术组装的沙产业使不毛之地成为提供人类所需粮食、食品的新空间。

中国是个人口大国,农业是国民经济的基础。"粮食生产是安定天下的产业"。基础打好了,才会有社会的和谐稳定、长治久安,才能够迎来经济的全面繁荣发达。在干旱、半干旱地区发展现代化农业,将"太阳"列为富国强民的宝库,国际上成功的例子是以色列,它以"出卖地中海阳光"的现代农业换回丰厚的收入。20世纪末,党中央、国务院作出了加快西部大开发的战略决策。西部特别是西北省份农牧民占人口总数80%以上,具有发展农业型知识密集产业的需要和条件,有可能成为跳跃式发展的产业,可成为西部开发的跳跃式发展的突破口。

3.2 应对全球变暖与沙产业

全球气候变暖已成为不争的事实。据中国气象局发布的最新观测结果,中国气候变暖趋势与全球的总趋势基本一致,预计2020年中国年平均气温将升高1.3℃～2.1℃,2025年将升高2.3℃～3.3℃。中国近5000年来的气候变化,已说明全球变暖的趋势,尤其是近百年的观测事实,中国的气温上升了0.4℃～0.5℃,而全球气温则上升了0.74℃,其中1980—1999年上升1.1℃～6.4℃,全球各地升温不尽相同。自1998年以来,全球升温较为明显,其中1998年以及2001—2006年都是气候偏暖的年份,而2009年是有记录以来最暖的5个年份之一。

关于导致气候变暖的原因,各国科学家基本上认为是由自然和人为两方面的原因造成的:自然的原因首先是由于受海洋温度变化较大引起的。在热带东太平洋海域,每间隔三五年就会出现一次大面积海域海水温度异常上升现象,这就是对全球气候变化有直接

影响的厄尔尼诺现象,它是大气环流和海洋环流相互耦合的产物。全球气候变暖促使厄尔尼诺现象变得更加频繁、持久和强烈。1982—1983 年和 1997—1998 年相继发生了严重的厄尔尼诺事件,造成我国 1998 年冬季最暖,比往年同期偏暖 1.4℃,是温度异常的一年。造成全球气候变暖的另一个原因是由温室效应加强引起的。

人类活动造成温室效应是加剧全球气候变暖的重要原因。全球因人为产生的温室气体主要为 6 种:CO_2、CH_4、O_3、CFC、N_2O 和 SF_6体。温室气体的年总排放量为 430 亿吨 ,其中 CO_2气体年排放量为 235 亿吨 。整个温室气体的总量还在增加,估计年总量将达到 500 亿吨。物质生产是以能源消耗为基础的。消耗能源,就要排放二氧化碳,消耗的物质越多,排放的二氧化碳就越多。美国人均年排放二氧化碳是 20 吨,中国人均年排放二氧化碳 2.51 吨,非洲的阿尔及利亚人均年排放二氧化碳仅 0.5 吨。CO_2 气体在大气中含量的急剧增加是工业时代以来全球变暖的主因。自 1750 年工业革命以来,全球二氧化碳总排放量已增加到 220 亿吨,占大气比已超过 0.3%,而且每年还在以 0.5%的速度递增。国际能源机构的一项调查表明,美国、中国、俄罗斯和日本的二氧化碳排放量占全球总量的一半左右。美国二氧化碳排放量居世界首位,排放的二氧化碳占全球总量的 23.7%;中国二氧化碳排放总量为世界第二。

前面已经讲到,太阳能只有不到 1%储存进植物产品,其中限制因素之一是二氧化碳在大气中的浓度。所以,大气中二氧化碳浓度的增加在某种程度上将有利于沙产业的发展。从另一个方面来讲,面积广大的沙漠地区为低碳区,发展沙产业可以将大气中的二氧化碳转变为植物产品,在一定程度上减缓二氧化碳的温室效应。

3.3 沙产业是未来沙漠科学发展的生长点

我国沙漠研究和沙漠科学的发展大体经历了三个阶段(王涛和赵哈林,2005)。20 世纪 50 年代至 70 年代,配合新中国成立以后大规模国民经济建设的需要,开展沙区资源的自然条件的调查,为国民经济重大工程建设中的风沙防治和沙区资源开发利用提供了基础资料与建议。1959—1961 年,由中国科学院主持,有关部委、高等院校、省(区)的科技工作者参加的 19 支大型沙漠考察队伍,对塔克拉玛干沙漠、古尔班通古特沙漠、巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠、乌兰布和沙漠、毛乌素沙地、浑善达克沙地、库布齐沙漠,以及宁夏的河东沙地、青海的沙漠和甘肃西部的戈壁进行了综合考察。在开展沙漠考察的同时,中国科学院治沙队还分别在内蒙古及西北五省(区)建立了 6 个综合试验站及数十个中心站,着手进行沙地利用、流沙固定及有关定位观测试验工作,初步形成我国北方沙漠观测、科研和试验网络。1961－1976 年,在大规模综合考察工作基本结束后,沙漠研究开始走向定位半定位以及一些专题性的研究。这段工作主要有如下几个方面的内容:以塔克拉玛干沙漠南部地区为对象,研究了沙漠的形成和发展特点;以沙坡头试验站为主,结合铁路防沙固沙任务,开展了流动沙丘移动规律及其阻、固、输、导技术措施开发的定位研究和试验;以毛乌素沙地南部和乌兰布和沙漠北部为中心,进行了沙漠地区有历史记载以来人类活动以及沙漠变迁的研究;在磴口、民勤、榆林等地原治沙试验站进行了沙地综合利用的

试验，初步证明了沙地在合理开垦以后农业利用的可行性。

20 世纪 80 年代沙漠科学进入了沙漠化研究阶段。除了继续开展沙漠科学中多方面的研究和防沙治沙工作外，对逐渐引起注意的生态系统破坏和土地退化等问题开始了探讨。在全球范围内，由于人口压力的逐步增加和科学技术的不断进步，人类对自然资源开发利用的范围和程度也不断扩大和加强，造成了一系列生态环境退化和新的社会经济问题。研究区域不再仅仅局限于干旱沙漠地区和沙漠绿洲边缘地区，而是把重点扩展到半干旱的沙漠化地区和亚湿润的风沙活动地区，使我国沙漠科学的研究区域有了较大扩展。在这一时期，为了适应改革开放和我国社会经济快速发展的需要，国家实施了沙漠(沙地)资源调查、三北防护林建设、沙漠石油开发、沙地治理和农业、沙区脆弱生态环境的保护等一大批与沙漠科学相关的工程项目或研究计划。这些项目和计划的实施，不仅为沙漠科研人员提出了新的研究方向和重要任务，更为沙漠科学的发展提供了契机和动力。

在已经摸清中国沙漠与沙漠化的基本情况，并在防沙治沙方面取得举世瞩目的成就之后，中国未来的沙漠科学将向什么方向发展？这是指的中国沙漠科技工作者深思的问题。我们认为，未来沙漠科学研究需要解决的主要问题是实践科学发展观，推进沙区生态环境建设、沙区社会经济可持续发展。在沙漠科学中实践科学发展观首先要以科学的态度对待沙漠，具体来说就是辩证地对待沙漠，既不是盲目地开发，也不是绝对禁止开发。而是既要保护，又要适度开发。目前沙区生态环境建设与沙区经济发展的关系是一个难以协调的问题，要么牺牲生态环境，要么牺牲经济利益。沙产业的构想是协调二者的关系，充分利用沙区资源，扬长避短，建立生态环境与经济社会可持续发展之间的良性互馈与循环。所以，沙产业将成为沙漠科学未来研究的重要内容。

中国沙漠地区自然资源的特点和利用方向

陈广庭*

1 中国沙漠地区资源特点

1.1 气候资源

气候资源是一种天然的可再生能源资源。与以煤炭、石油、天然气等化石燃料为主的传统能源比较，具有分布广、数量大、洁净少污染和利用效率高等优点。

(1)因为处在温带大陆腹地，常年少云，日照强烈，因此，光热资源丰富。日照时数在2600～3400小时，年日照百分率在60%～80%之间，据此计算出的太阳辐射量在130～200千卡/平方厘米。地域分布南多北少；季节分配有夏季多冬季少的特点。我国沙漠地区的年平均气温在4℃以上，南疆塔里木盆地和吐鲁番盆地的年平均气温可达10℃以上。≥10℃积温多在2000～3000℃，塔里木盆地达3500℃，而吐鲁番可能达到5000℃以上。

(2)我国北方冬季靠近东亚冬季风中心——蒙古高压，尤其春季和秋季，更值高压形成和消退之时，风力强劲。青藏高原另有高原季风系统，使青海柴达木等沙区也成为大风肆虐的区域。但高风能区主要分布在山前的山口和戈壁地区，而处于盆地中的沙漠地区是低风能区。一些书籍笼统地写道：我国沙漠地区“多风，风力较大”会造成误导。盆地地形是风的终结地，加之沙丘起伏一是加大了地面粗燥度；二是地形影响近地面风的风向，造成湍流，削弱了风力。其实，反过来想，道理很简单，沙漠是风沙的停积区域，风大就不会有众多的积沙。

中国沙区有效风速年累积时数多在4000～5000小时，年平均有效风能密度多在150～200瓦/平方米。在中俄、中哈和中蒙边境地带，风能资源很丰富，可供应风能多在22080千瓦/年以上。内蒙古中部中蒙边境地区可达29440千瓦/年以上。

1.2 水土资源

中国沙漠地区土地广袤，但水、土资源匹配条件差。表现为山区降雨和地表径流较多，但土地资源缺乏；而盆地地区有广袤的土地，但水资源贫乏；唯有山前地带限于河流出山口和内陆河沿岸水、土资源匹配合理，形成了高效的绿洲。

(1)中国沙漠地区降雨稀少，但山地高耸，有一定降水。山区比较集中的降水，使其成为干旱地区的“湿岛”。天山西部年降水最高值达1000毫米以上，东部哈密近山降仍可达

* 陈广庭，中国科学院寒区旱区环境与工程研究所研究员。

500 毫米。祁连山山区降水分布正好与天山相反，东向西递减，龙岭地区降水量最高可达 800 毫米以上，中段走廊南山在 600 毫米以上，西段大雪山只有 400 毫米。北疆地区每年冬、春还有一定深度的积雪，在盆地内和丘陵山区降雪量可达 30～50 毫米，地面积雪厚度可达 15～70 厘米。这些降水形成的山区和山前径流是荒漠绿洲植被生长的唯一可靠保证。

(2)估算中国西北地区年降雪补给量达 882 亿立方米，冬季积雪储量约为 218 亿立方米。山岳冰川主要分布在天山、昆仑山、喀喇昆仑山、帕米尔、祁连山和阿尔泰山。科学家最近统计，通过河源融水补给我国西北内陆沙漠地区的冰川面积达 2.8 万平方公里，年平均融水量约有 250 多亿立方米；这些可观的冰雪资源是世界上其他沙漠地区所不能比拟的。

(3)高山环绕盆地的地形特点使西北内陆沙漠区山区发育众多的山溪河流。整个西北干旱区共有大小内陆河流 678 条。多年平均进入西北内陆沙漠区出山口河川总径流量 924 亿立方米，其中外流河水约占 11%，内陆河径流量占总径流资源的 89%，可见内陆河径流是西北干旱区水资源存在的主要在形式。山区河源多为矿化度 0.1～0.3 克/升的重碳酸钙型水，至出山口径流为 0.1～0.5 克/升的重碳酸钙镁型水。绝大多数河流天然状况下河水水质适宜任何目的的供水要求。

(4)我国北方沙漠地区大小湖泊数以千计，面积 1 平方公里以上的湖泊有 400 多个，总面积达 1.7 万平方公里以上。其中，湖水矿化度小于 1～3 克/升的淡水湖或微咸水湖约有 80 多个，多分布在外流河流域上游和内陆河出山段，属调节水的吞吐湖，面积达3500 平方公里，储水量估计达 300 亿立方米以上，是沙漠地区的重要水资源。

(5)虽然中国的沙漠都分布在盆地，有着极佳的储水构造，但因为降水稀少，渗透补给量有限，主要靠河川径流入渗补给，因此，地下水资源不能算丰富。据计算，20 世纪 80 年代我国西北干旱区塔里木、准噶尔、河西走廊和柴达木四大盆地山前平原地下水的天然补给量为 316 多亿立方米，主要山间盆地和谷地的地下水补给量为 143.47 亿立方米。值得指出的是，由这些地下水多为出山口河流转化而成，属于与地表径流重复(计算)的地下水资源。

各大盆地既是地下水的汇集区，又是蒸发排泄带，盐分积累使在盆地中心地下水的矿化度都较高，如，塔里木盆地塔克拉玛干沙漠地区的地下水矿化度普遍在 4.5 克/升以上，局部达到 25 克/升。

(6) 难以利用和宜牧土地多，宜农耕地不多是沙漠地区土地资源特点。根据《中国 1∶100万土地资源图》相应的土地资源数据，内蒙古半干旱沙区和西北干旱沙漠地区有宜农耕地有 1510.1 万公顷，占 6. 27%；宜农林牧土地 1 435.38 万公顷，占 5.96%；宜农林土地 1.45万公顷，占 0.01%；宜农牧土地 314.31 万公顷，占 1.30%；宜林牧土地 2 475. 84 万公顷，占 10. 27%；宜林土地 374. 82 万公顷，占 1. 55%；宜牧土地 8680. 80 万公顷，占 36.02%；还有 9305.90 万公顷土地属不宜类土地，占 38.62%。

沙漠地区现有耕地 1229.76 万公顷，其中 104.24 万公顷属不易耕作地，占总耕地的

8.47%,应予以退耕。草地2262.45万公顷,草地质量较差,多沙地草场,易于沙漠化。主要分布在呼伦贝尔、科尔沁、锡林郭勒、乌兰察布、浑善达克、毛乌素和天山南北。沙漠地区少林木,森林覆盖率小于5%。现有林地仅734.00万公顷,等级不高,主要分布在中山地区及内陆河沿岸。

1.3 生物资源

沙漠地区气候干旱、温差大,水分贫乏,土壤瘠薄,适应这种严酷自然环境的植物种群数量有限,但因为幅员辽阔,自然条件和生态环境复杂多样,以及区系成分复杂,造就了植物和动物资源总数量不多,但种属成分复杂,并且多特有种。

(1)沙区食用和饲用植物资源最为丰富,有1800多种(张强,1998)。能为人类直接或间接食用的植物包括淀粉植物,油料植物,果类植物,色素和蜜、花粉源植物等,最负盛名的是沙枣和“沙漠樱桃”(大果白刺的果实)。其次,药用植物也较多,著名的有甘草、麻黄、肉苁蓉、枸杞、锁阳、黄芪等;罗布麻是优质纤维植物,叶又可入药,是广泛应用的降压药;天然生长的胡杨是西部沙区的重要木材资源,用来营造用材林和防护林的植物有樟子松、油松、榆、各种杨和柳;薪柴和固沙植物有梭梭、柽柳、沙拐枣,其发热量都近同原煤,而梭梭柴被称为“荒漠活煤”。

(2)根据内蒙古、新疆、甘肃、青海、陕西、宁夏等6省(区)历年野生动物调查初步统计,沙漠区域内已经记录到的陆栖野生脊椎动物约有172种,其中两栖和爬行类动物18种,鸟类109种,哺乳类(兽类)45种,其中特有动物有10种,濒危保护动物35种。这些动物既是自然界之骄子,也是国家和民族的宝贵财富。被列入国家一级保护动物名单的就有亚洲野驴、普氏野马、双峰野骆驼、普氏原羊、高鼻羚羊、黑鹳、大鸨、小鸨、波斑鸨、四爪陆龟等(吴正,2009)。

1.4 矿产资源

(1)石英砂是沙漠地区的第一笔财富。沙漠沙的组成成分皆以石英为主,但一般沙漠沙的成分复杂,石英提纯工艺水平影响一般风积沙的工业应用。高纯度的石英砂就显现出它的价值。科尔沁沙地和相邻的浑善达克沙地东部广泛分布的大青沟组地层为一套河湖相沉积,呈石英晶体的乳白色或淡黄色,石英含量高达93%以上,当地称为“大白砂”。连续厚度大、疏松,采矿工艺简单。不少地方的大白砂经过人工淘洗,去除灰质成分后,石英纯度可达98%,能直接入炉冶炼玻璃。石英砂还可制出沙灰砖、瓦等,其强度超过黏土砖(75#)。强度大,抗压力强,耐盐。

(2)我国沙漠多分布在内陆盆地,长期的封闭环境使盆地易溶盐聚集,富集成矿。天然碱、芒硝、食盐、钾盐成为沙漠地区的富集化工矿藏。内蒙古中部鄂尔多斯和乌兰察布地区天然碱矿高度集中,总储量达1亿多吨,较大的天然碱湖有40多处,仅鄂尔多斯市境内探明的储量就有6000万吨。各沙区普遍有芒硝和食盐。芒硝的探明储量达到40亿吨,仅新疆年生产元明粉30万吨,占全国产量的1/3。已探明食盐储量106亿吨,1993

年，仅青海柴达木盆地保有储量就达 90 多亿吨。格尔木、内蒙古吉兰泰和雅布赖盐池是著名的内陆食盐产地。钾盐主要分布在新疆东部和青海柴达木盆地，探明储量 6 亿吨，近年在罗布泊湖位发现巨型氯化钾矿藏，尚未计算在内。

(3)煤炭、石油和天然气都是当今最重要的能源矿床。我国沙漠分布的区域地质构造多是继承性的内陆盆地。尤以古生代和中生代石炭系、侏罗系、白垩系是生煤和生油地层，又有良好的储油构造。

毛乌素沙地的神府、东胜煤田和准噶尔煤田都属于世界级的特大煤田，总保有储量 1871 亿吨，前二者是侏罗系含煤，属不黏、弱黏、低硫、低磷、低灰，中重高发热量的优质动力煤；后者为石炭一二叠系含煤为一般动力用长焰煤。宁东、乌海两个煤田在宁夏河东沙地和乌兰布和沙地，含煤地层均为石炭一二叠系，所产“太西煤”为炼焦用的优质动力煤。新疆天山南北两大盆的都是煤炭资源富集的地区，分布广、煤种全、煤层厚、质量好、埋藏浅、易开发。总资源量 1.6 万亿吨，占全国煤炭资源总量的 37.5%，但多未查明。到 1992 年，累积探明储量 949 亿吨，仅占资源总量的 6%。大型开采煤矿田有准南、准东、托里一和什托洛盖、吐哈、伊宁、焉耆和库拜，集中在盆地边缘。甘肃和青海两省的煤炭总储量 680 亿吨，探明储量 129 亿吨，也多在沙漠地区。

沙漠被人称为“天然的油(气)库”。新疆塔里木、准噶尔、吐哈三大盆地均有丰富的油气储藏。截至 2000 年，塔里木盆地探明油气资源总量 160 亿吨，其中，天然气储量 6 万亿立方米。已探明 15 个油田、14 个气田，形成轮南、东河、塔中、哈得等 4 个油田群和库北一塔北、巴楚一塔西南、塔东 3 个大型天然气富集区，被誉为“我国石油工业的希望”。2005 年原油年产量突破 1000 万吨，成为我国第 6 个年产千吨级的大型油田。更可喜的是，在沙漠腹地发现了我国第一个奥陶系生物礁型含油构造，证实塔里木有海相生油构造存在，大有希望。已建成的从塔克拉玛干沙漠腹地通过输油和输气两条管道将塔里木的油气源源不断地输向我国东部经济发达地区。北疆准噶尔盆地石油资源总量 81 亿吨。自 20 世纪 50 年代发现克拉玛依油田以来，在北疆古尔班通古特沙漠中先后探明了独山子、齐古、车排子、红山嘴、百口泉、乌尔禾、风坡、夏子街、火烧山等 20 个油气田，累计探明石油储量 20 亿吨，天然气 1400 亿立方米，原油产量达到 1165 万吨，为我国第四大陆上油田。吐鲁番一哈密东疆戈壁地区上世纪 90 年代发现油气，资源量 14 亿～17 亿吨，发现了三塘湖盆地亿吨级整装大油田。玉门油田是我国石油工业最早的基地，近期在酒泉西盆地仍有新的发现。柴达木盆地沙漠下也有丰富的油气，经过 50 年的艰苦勘探和开发，已找到 23 个油气储集构造，资源总量 4 亿吨，探明石油储量 2.5 亿吨，天然气 3039 亿立方米，年原油开采规模已接近 450 万吨，柴达木的天然气通过“涩宁兰”西气东输管道工程源源不断供给西宁、兰州两个新兴工业城市的工业和民用，改善着城市的大气环境。鄂尔多斯是我国内陆另一个富油盆地，石油资源总量 86 亿吨，目前探明储量 15 亿吨，长庆油田年产石油 1255 万吨，目前为我国陆上第三大产油区。毛乌素沙漠还是一个巨大的天然气库，远景天然气储量 10.7 万亿立方米，占全国资源总量的 26%还多。先后探明的长庆、榆林、乌审旗等 4 个超 1000 亿立方米的特大型气田，占全国的 2/3，10 年内，有望累计

探明储量2万亿立方米,形成400亿～500亿立方米的年产量,供应北京、天津、太原、西安等周边大中城市外,还通过“西气东输”管道向上海、广州等经济中心供气,使其在我国天然气能源中所占比重一举达到10%左右。

1.5 旅游资源

人们对于沙漠,既感到陌生、神秘,同时又非常向往。这是因为沙漠中形形色色的风沙地貌景观、奇特的自然现象、古城遗迹以及独特的灌溉工程等等都是颇具吸引的旅游观光内容。沿戈壁滩和沙漠西行的古代“丝绸之路”已成为现代旅游的一条热线。目前,沙漠旅游还仅限于沙漠边缘地带,但随着旅游业的发展,条件的改善,将会有更多的人深入到沙中去进行观光、探险和进行科学考察以及考古性的旅游活动,所以,发掘和开发沙漠中的旅游资源,促进沙漠旅游业的发展,是大有前途的。

高大沙丘、风蚀地貌和沙区湖泊等沙区特有的地貌最具魅力,鸣沙等奇特的自然现象吸引人们去探索它的奥秘。最早沟通东西文明的陆上丝绸之路从我国西部戈壁和沙漠边缘穿过,留下了数不尽的古城遗址、建筑和洞窟和世代流传的传说故事等宝贵的文化遗产。如果自然风光和文化遗传结合就更有发展前途。人们还利用沙的特性开展了滑沙、沙漠冲浪、沙疗、垂钓等娱乐和医疗项目。还有许多项目等待人们去开发。

目前已经开发的著名旅游项目可以归类为:

(1)以大漠风光为主的内蒙古巴丹吉林高大沙山和沙漠湖泊、腾格里达来沙漠月亮湖、甘肃敦煌鸣沙山和月牙泉、新疆焉耆博斯腾湖、宁夏沙湖。新疆乌尔禾、奇台、五堡和甘肃敦煌魔鬼城,新疆怪石沟、青海柴达木南八仙、内蒙古阿拉善右旗海森楚鲁的风蚀风城、雅丹和其他风蚀地貌。

(2)以文化遗迹为主的有甘肃敦煌莫高窟、阳关遗址,内蒙古鄂尔多斯成吉思汗陵和丝绸之路上的众多古城。

(3)以探奇为主的有甘肃敦煌鸣沙山、宁夏中卫沙坡头、内蒙古达拉特旗鸣沙湾、新疆巴里坤等处鸣沙旅游点。

2 资源利用的方向和政策建议

资源利用的总方针是:扬长避短,发挥优势;生态保护优先和适度开发;注意把资源优势转化成经济优势。

(1)沙漠地区光热资源充足,应当充分发挥沙漠地区太阳能充足的优势,如光伏发电。风能也是沙漠戈壁地区优势,但是分布不均匀,山前戈壁尤其是山口地区风力强劲,而真正沙漠(指沙丘分布地区)风力不大,设立风力发电场应注意选址。

(2)沙漠是干旱的产物,虽然中国沙漠与国外,特别是热带亚热带沙漠相比水资源比较丰富,但仍然有限。一定要根据水资源量和用水水平控制绿洲规模。科学用水和管水,革新用水技术方法,包括科学的灌溉方式,提高水资源的利用效率。

以上两点是沙产业的核心,即所谓“多采光、少用水”。提到水资源,现在地下水和地

表水由两个部门分管，但地表水和地下水是在不断转换之中的，二者本是一家，人们只知道地表水缺乏就打井开采地下水，而所采取的“节水措施”均是在堵塞地下水补给的通道。正是掐断了地下水补给源和过度开采两方面造成地下水位区域性的下降，招致生态环境的恶化。

(3)荒漠地区说到底生物资源贫乏，生态建设的首要任务是保护现有植被和增大植被覆盖，开发生物资源主要是有效地开发其特殊的经济作物种，提高绿洲的经济效益。不应提倡大量开发沙漠“生物能源”。

(4)沙漠地区富有煤炭、石油、天然气等化石能源和非金属化工原料资源，开采这些资源，一是要注意保护沙漠脆弱的生态环境，二是要对地区和环境给予有效的补偿措施，促进地区的生态、经济和社会发展。

(5)大力发展沙漠特殊风光旅游。修筑道路和旅游设施，要注意保护环境。

发展沙产业的几点思考

陈佐忠*

我长期从事半干旱地区草原科学研究，对沙产业、草产业十分关注。因为在草原与荒漠地区有大面积的沙地与沙漠，这些沙地和沙漠在许多方面都与草原有很大不同。我把这些沙地和沙漠统成为沙区。如何认识沙区特点，发挥沙区资源优势，发展特色产业，繁荣沙区经济，这些问题长期以来一直困扰着我们在这些地区工作的人们。钱学森关于沙产业、草产业的论述，是一个伟大科学家的高瞻远瞩和战略思考，体现了一个伟大科学家的创新思维。他为我们沙区的经济发展指出了方向，是一个战略科学家最为难得的宏观谋划。钱学森关于沙产业的论述，是20世纪80年代提出来的，那时只是一个理念，现在已经在许多地区变成了现实。如果说将近30年前沙产业是一个概念，是纸上的一个名词，如今就是一个实实在在的东西，是写在大地上的人们看得见、摸得着的实体，是与沙区人民关系密切的产业。钱学森沙产业的思想主要体现在《草原、草业和新技术革命》(1984)《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》(1985)和多次谈话及书信中。他关于第六次产业革命的论点主要有：农业型知识密集产业，其特点是集成第五次产业革命的知识和技术，极大地提高生物的太阳能转化效率的综合生产体系；从科学上说，沙漠是可以成为生产活动的空间；沙产业还是一个空白，有许多工作要做；什么是沙产业？沙产业就是在“不毛之地”搞农业生产，而且是大农业生产；沙产业发展前途无量，但必须组织起来；要有效地组织，否则会破坏生态环境；沙产业是节水的高技术化；等等。他的这些论述体现了他的高瞻远瞩，深谋远虑，战略性谋划；体现了他的学识、胆量和气魄，是真正的创新思维、创新理论，是为了人民生活更好，体现了钱老一生的追求——“志在强国，心在富民”。他是最值得人们尊敬的科学家。

1 关于沙产业的讨论

在我国，以沙为基质的土地广泛分布于干旱、半干旱、半湿润地区。一般地理学家把干旱地区的以沙为基质的土地称之为沙漠，而在半干旱与半湿润地区的称之为沙地。沙漠与沙地二者不仅名字不同，其特点也有很大差异。发展沙产业的内容、方法、技术体系也有很大差异。沙产业能不能理解为沙区产业而不仅仅是沙漠地区产业，包括干旱地区的沙漠与半干旱地区、半湿润地区的沙地的产业。从沙漠、沙地的分布上，可以看出干旱半干旱区的分野。沙漠的总面积约占全国土地面积的13%左右。

---

* 陈佐忠，中国科学院植物研究所研究员。

为什么提出沙产业是沙漠与沙地即沙区产业这个问题？因为半干旱、半湿润地区的沙地与干旱地区的沙漠有共同点，但有许多不同，表现出很大的地带性差异。它们在降水量、蒸发量、温度、植物与植被、土地利用等方面差异很大。因而在干旱地区与半干旱地区发展沙产业的类型、特点、技术体系等非常不同。目前我们比较成功的沙产业主要是在半干旱地区人们称为沙地地区而不是沙漠，因为在干旱沙漠发展沙产业，问题更多，困难更大，技术更为复杂。那么沙地、沙漠生态与环境特点有那些不同呢？从气候条件看：沙漠分布于干旱地区，年降水量低于200毫米，有的是几十毫米；沙地分布于半干旱~半湿润地区，年降水量为200～450毫米。从植物与植被看，沙漠地区是荒漠植被，以灌木为主；沙地地区是稀树草地或者草原植被。从土地利用看：沙漠地区是灌溉农业，没有灌溉就没有农业；这里退化土地恢复主要要依赖水；沙地地区是一定条件下的雨养农业；退化土地可依赖自然力恢复。从自然景观看：沙漠地区是荒漠－过渡带－绿洲；沙地地区是天然植被。如以半干旱地区浑善达克沙地而言，这是晚更新世开始形成并逐渐向东扩展的沙地；全新世以来，受东亚季风及其变迁影响，沙地经活化、固定、扩张、收缩过程，所以有多次风成沙和古土壤堆积系列。其形成表现为干冷时期沙地活化，暖湿时期沙地固定。而位于干旱地区的塔克拉玛干则不同，塔克拉玛干大沙漠位于塔里木盆地中央，东西长约1000公里，南北宽约400公里，面积33万平方公里，仅次于非洲撒哈拉大沙漠，为世界第二大沙漠。“塔克拉玛干”维吾尔语意就是进去出不来，人们通常称它为“死亡之海”。沙漠中可能有比较丰富的地下水，腹地降水只有20～80毫米。所以，沙漠、沙地都是沙覆盖的土地，但其生态与环境条件有很大差异，因此沙产业的项目、内容、特点、规律、技术体系等等都应有很大不同。

2　内蒙古、甘肃发展沙产业取得可喜成绩

内蒙古沙产业发展取得可喜成绩体现在如下几个方面：(1)领导十分重视：制定优惠政策；写进发展规划；明确政府作用；提出“大力发展林沙产业，支持生态后续产业发展”。(2)有具体技术路线：利用阳光，通过生物，延伸链条，依靠科技，对接市场，创造财富。(3)充分发挥协会作用。(4)明确企业的作用——沙产业化的主体。(5)充分发挥科学技术的作用。(6)重视媒体和宣传：他们开办了第一个网站。(7)具体项目的选择符合内蒙古沙地的特点——菊芋、肉苁蓉、四翅滨藜、沙柳、沙棘、甘草等。因此内蒙古在沙产业发展方面已经取得可喜的成绩。位于库布其沙漠边缘的内蒙古东达蒙古王集团原来只是从事羊绒加工，风沙的肆虐使企业开始关注沙区环境和充分利用沙区特有的沙柳资源相结合，发展具有沙区特色的“林纸一体化”项目。以前，当地农牧民种植沙柳，三年必须平茬一次，平茬有利于沙柳的生长，但大量平茬后的沙柳资源得不到及时转化，“绿色银行不能变现”，农牧民种植沙柳、平茬沙柳的积极性得不到支持，生产、生态和生活还是在低水平徘徊。东达蒙古王集团适时进行产业化开发，投资4.5亿元建设了库布其沙漠周边地区300万亩的沙柳种植基地，拉动当地周边地区种植沙柳，不断扩大绿化面积，带动当地农牧民大幅度增加了经济收入。集团年产10万吨的高级包装纸也逐渐替代了同类进口产

品。在东达蒙古王集团的带动下,内蒙古鄂尔多斯市的企业家纷纷进入沙产业,绿家乡,富百姓。目前,全市沙产业企业已达30家,种植沙柳570万亩,杨柴500万亩,柠条500万亩,沙棘50万亩,甘草200万亩,麻黄草50万亩,年产人造板12万立方米,造纸6万吨,生产麻黄素50吨,饮品、保健品1.2万吨。内蒙古伊泰集团,经过数年的发展,已按照GAP的标准建成了4万亩以甘草为主的多种中药材有机种植示范基地。并依托这一现代化甘草基地,进行甘草资源综合利用的科研开发,其中异甘草素分离提取与纯化技术有很大进展。有着大量野生沙棘资源的内蒙古和林格尔县,引进宇航人高技术产业有限公司,实施国家计委沙产业开发示范项目,建成世界上最大的沙棘生产制造基地,致力于沙棘综合利用产业,打造世界沙棘第一品牌。目前,沙棘事业以其巨大的生态效益、社会效益、经济效益,得到了党中央及各级地方政府的高度关注和认可。在内蒙古东部,宁城集团等企业利用沙区的大量山杏资源,生产杏仁饮料。他们以生产"宁露"牌杏仁饮料为中心的饮料制造业,其年产量超过6000吨,利税上千万元,成为集团的第二产业。乌海是具有大面积沙漠的城市,他们充分利用沙区日光资源,发展温室蔬菜和反季节瓜果,取得很大成绩,给农民带来实惠。他们说"我们前些年把很大的精力用于植树种草、防沙治沙,实践证明不可取,种上一棵树,几年内必须不断浇水,大家开玩笑说,养一棵树的费用等于养一个科长。"后来,我们"顺着沙漠的脾气来",搞起高效日光温室,冬季不用加温,利用充沛的光热资源在温室里种蔬菜和反季节瓜果,每亩净收入高达2万多元,个别农户一亩温室纯收入超过3万元。内蒙古沙产业发展取得的成绩,得到了国家领导人高度的肯定。2008年1月19日,胡锦涛总书记看望钱学森时说:"前不久,我到内蒙古自治区鄂尔多斯市考察,看到那里沙产业发展得很好。沙生植物的加工搞起来了,生态正在得到恢复,人民生活水平也有了明显提高。您在几十年前提出的沙产业设想已经开始变成现实。"也许正因为发展沙产业的广阔前景,内蒙古自治区将"大力发展沙草产业"列入"十二五"规划,决心科学利用占全区国土面积35%以上的沙化土地,使其化害为利、变废为宝。

甘肃也是沙地和沙化土地分布面积很大的地区之一,有资料指出,甘肃省是我国沙漠戈壁及沙漠化土地分布大省,沙区面积达2486万公顷,占全省总面积的58.4% 。其中沙化土地1436.5万公顷,占全省总面积的33.7%(孙玉贤,2008)。沙产业发展也取得了很大成绩。据有关部门统计,目前已建立高效节能日光温室54200个,面积5800公顷;地膜覆盖面积16.3万公顷;经济林及沙生植物开发面积5.22万公顷;种植经济作物和药材的年产值16.76亿元。如武威市通过种植葡萄、枣、苹果等经济作物,实现年产值2.5亿元,农民增收1789元。(林宏东,2006)。

3 发展沙产业有广阔前景

发展特色产业被认为是"发展地方经济的突破口"、"中国经济最活跃的成分"。发展沙区经济,也要坚持走发展特色产业之路。充分利用沙区生态与环境特点、自然资源特点、社会经济特点,发展沙区经济。根据我的初步研究,认为发展沙区特色经济,如下几个方面特别值得重视。

3.1 发展特色药用植物

沙区有许多有特色的药用植物，如肉苁蓉、柴胡、麻黄、防风等等，非常值得重视。肉苁蓉是多年生肉质草本寄生植物，寄生在梭梭的根上，茎肉质圆柱形，高 40～140 厘米，属名贵药材，具有“滋肾壮阳、补益精血”之功能而被誉为“沙漠人参”，被历代王朝列为“贡品”。由于肉苁蓉是梭梭树的寄生植物，培育肉苁蓉必须先培育梭梭。肉苁蓉人工种植技术是在梭梭的根部人工种植，经过两年的生长即可获得肉苁蓉。作为国际二类濒危植物，它是传统滋补上品。据研究，从该植物可以提取单一化合物——肉苁蓉甙，是治疗老年痴呆的特效药。新疆生态与地理研究所在“死亡之海”塔克拉玛干腹地，经过 3 年多的科研攻关，建成了 3000 多亩人工肉苁蓉示范基地。自 2008 年 4 月开始，其中的 1000 多亩已经采挖鲜肉苁蓉达 13 万公斤，让“死亡之海”产生了可观的生态、经济效益，焕发出勃勃生机。1992 年，新疆首次将北疆的梭梭成功引种南疆。从 2004 年起，将梭梭与柽柳混交种植，将荒漠肉苁蓉和管花肉苁蓉接种在植物根部，利用地下高矿化度水，经过 3 年的研究和试验，目前鲜肉苁蓉亩产已稳定在 120～150 公斤左右。按目前的市场价每公斤 10 元计算，每亩产值可达 1200～1500 元，而成本每亩仅 400 元左右。所以刘恕认为大面积的沙漠可以打造成天然新药的宝库。她还肯定了沙产业在河西走廊张掖与武威的实践。

3.2 发展特色观赏植物

沙区也有许多有特色的观赏植物，如二色补血草、沙拐枣等等，发展这些观赏植物，对于丰富园林植物资源，国土绿化有重要意义。二色补血草。蓝雪科，补血草属，多年生草本，高 20～60 厘米，花萼长 6～7 毫米，漏斗状，萼筒直径约 1 毫米，萼檐初时淡紫色或粉红色后来变白，花冠黄色。耐瘠薄，全草可入药，有收敛、止血、利水的作用。可补血益气，活血调经。主治病后体弱，消化不良，月经不调等。其独特的春季花卉，花序丰满，小花密布。可应用于春季花坛，也是制作干花的优异材料。沙拐枣为防风固沙植物。花、果及老枝均有一定观赏价值，适宜点缀公园，也可盆栽。全株可入药。灌木，植株高 0.5～1.5 米。花淡红色，多枝丛生小灌木，丛幅径 0.5～2.0 米。具有抗风蚀，耐沙埋，耐沙割，抗干旱，耐贫瘠及枝条茂密，萌蘖力强，根系发达等特性，能适宜于条件极端严酷的干旱荒漠区生长，是沙质荒漠的重要建群种之一，由它所组成的群落是荒漠区典型的沙漠植被。沙拐枣根部有根鞘保护。根蘖能力强，所以能适宜在流动沙丘上分布生长。其根及带果全株均可入药；种子富含油脂。

3.3 发展沙区能源植物

利用沙地等边际土地发展能源植物是人们的一个共识。边际土地是非农非林非牧的土地。目前特别值得人们注意的能源植物有柳枝稷、柠条、沙棘、柳、菊芋等。柳枝稷是禾本科植物，有高地型与低地型两种生态型。是四碳植物，产量很高，有报道每公顷可以产干物质 15 吨左右，产乙醇 5000 升。沙区可以有选择地发展其他一些能源植物。

3.4 发展有特色有机产品

随着经济发展，人们越来越重视健康。而人们的健康与食品质量关系极大。人们常说“病是吃出来的”，并非没有道理。食品可以分为普通食品、绿色食品、有机食品。普通食品是未经认证，不限制化学农药、化学肥料、化学添加剂的使用的食品。这类食品可能有残留有害化学物质。绿色食品是限制或者禁止使用绝大部分有害健康与环境的化学农药、化学肥料及添加剂等人工合成化学物质的食品。而有机食品是不使用转基因材料，不使用化学农药、化学肥料及添加剂等人工合成化学物质的食品。

发展有机食品有着重要意义。因为它是农村、牧区产业结构调整的重要组成部分之一；它有助于防治农村、牧区环境污染；同时有利于增加农牧民收入；还可以丰富市场的产品供应，满足不同层次人们的要求；因此它适应建设新农村的需求。对于我国来讲，随着经济发展，需求会越来越大。

有机产品有着广阔的市场前景。20 世纪 70 年代以来，国际有机农业运动联盟倡导有机农业。目前，全世界 100 多个国家生产有机产品。全球有机食品的贸易，每年大约 200 亿美元，而且以 30%的速度在增长。另外，有人认为有机食品是“21 世纪最健康的食品”。

我国政府很重视有机食品的生产。我国商务部、科技部、财政部、铁道部、交通部、卫生部、工商总局、质检总局、环保总局、食品药品监管局、认监委等 11 部门 2004 年发布《关于积极推进有机食品产业发展的若干意见》，提出要加强有机食品生产。我国已经建立了有机食品认证机构，在农业部、国家环保总局、中国农业大学等系统都有这类认证机构。另外，国家环保总局 1994 年成立了有机食品发展中心，并在 21 个省市自治区成立了分中心。同时，有了一些规范与章程，如《有机食品生产和加工技术规范》、《有机食品标志管理章程》、《OFDC 有机认证标准》。2010 年中粮主办了第六届中国国际有机食品和绿色食品博览会。

我国有机食品目前发展情况如何？资料表明，我国有机产品生产开始于 1990 年，浙江有机茶出口荷兰。目前全国初步形成不同格局：东北——有机豆类；山东——有机蔬菜；江苏、江西等——有机茶；广西、云南、贵州等——有机天然食品，如八角、食用菌等。关于有机奶、有机黄油等有机畜牧产品极少看到。到 2005 年底，农业系统有机食品认证面积 166 公顷，认证企业 1249 个，食物总量 66.9 万吨。从有机产品出口情况看，我国有机食品出口额为：1995 年，70 万美元；1997 年，800 万美元；1998 年，1000 万美元；2003 年，3000 万。目前有机食品种类在增加，如有机红酒、有机啤酒、有机猪肉、有机奶、有机餐厅等。

沙区具有发展有机产品生产的可能性，表现在：一是沙区有较好的基础，一般而言，沙区的土壤、地下水、灌溉水、空气等都是清洁干净，没有污染；二是沙区有较好的资源优势，一般来说，沙区的植物、动物都有自己的特色；另外，沙区有较好的区位优势，内蒙古、甘肃等地与其他地区比较，有较好的地理区位优势。

从长远看沙产业的发展有着广阔的前景，但是由于沙地和沙漠作为一个生态系统是十分脆弱的生态系统，其利用要合理、科学，把利用和保护很好结合起来，产业开发要符合土地的承载力和环境容量，要注意保护沙地的生态与环境，特别是水资源的合理利用问题等，这些对于沙产业的可持续发展都是十分重要的问题。为此，沙产业的规划工作十分重要。

草业是与农业、林业同等重要的产业

胡自治*

我国草原资源丰富，与位居世界第一、第二位的澳大利亚和俄罗斯的草原面积相近，是世界第三草原资源大国。草原是我国六大自然资源(耕地、森林、草原、矿产、水、海洋)之一，总面积约 4 亿公顷，占国土总面积的 41.67%，为耕地的 3.08 倍，林地面积的 2.52 倍。草原生态系统具有大气成分调节、气候调节、干扰调节、水调节、土壤形成和保育土壤、养分获取和循环、废物处理、传粉与传种、基因资源、避难场所、生物控制、原材料生产、饲草和食物生产、游憩和娱乐、文化艺术等 15 项服务的功能。把草原保护和利用好，对于改善和提高我国的生态环境，生产动物性食品和多种原材料，丰富精神文化生活等，具有十分重要的意义。目前，草业正在草原生态系统服务功能的基础上，逐渐形成和发展为具有独特系列产品的产业。为了进一步推动草业的快速发展，全面、合理地利用草原资源，必须提高对草业的认识，并把草业放在合适的位置上，为此，本文论证了草业是与农业、林业同等重要的产业的命题

1 传统的草原生产是畜牧业生产的一部分

我国类型繁多的天然草原生长有大量品质优良的饲用植物，《中国草地饲用植物资源》(1999)收录有饲用植物 6703 种，分属 5 个植物门，246 科，1545 属；其中 227 种是我国特有种。丰富的牧草和草坪草种质资源，为育种和种子产业提供了极为有利的条件。

我国广阔、富饶的草原，牧养着我国家畜(不包括猪)总头数的 1/3，约 1.2 亿头。有各类放牧家畜品种 150 多个，其中马 35 个品种，牛 46 个品种，牦牛 3 个品种，绵羊 46 个品种，山羊 27 个品种，骆驼 3 个品种。一些著名的草原都有其著名的优良家畜品种，如呼伦贝尔草原的三河马和三河牛，锡林郭勒草原的乌珠穆沁牛和乌珠穆沁羊，阿勒泰草原的大尾羊，伊犁草原的哈萨克牛和伊犁马，阿坝草原的九龙牦牛，甘南草原的河曲马和蕨麻猪，天祝草原的白牦牛等。这些优良家畜品种都具有良好的体质，较强的适应性以及较高的生产力。

在我国广大的草原上，还有大量的野生动物、野生工业原料植物和药用植物，例如，我国 150 种重点保护的野生动物，有一半以上生活在不同类型的草原上。

我国还有约 2000 万公顷的人工草地，它的生产力较天然草原为高，今后是草原建设的重点，提高草地生产力的方向。

---

* 胡自治，甘肃农业大学草业学院名誉院长，教授，博士生导师。

以土—草—畜为主干的牧草、家畜生产，是草原的传统生产方式，它的植物生产与动物生产紧密结合在一起，不可分割，是与农业和畜牧业相区别的最根本的特征。

2 现代草业的实践和理论

草业，是以天然草原、人工草地和草为生产基础的综合性产业。

20 世纪 80 年代以来，随着社会的进步，不仅传统的草原畜牧业有了更大的发展，而且还产生了新的草业。它除了草原畜牧业以外，还包括以运动场草坪、草原游憩为主的文化娱乐产业；以绿地草坪、园林草坪、水土保持、水源涵养、防风固沙、自然保护区等生态环境产业。这些以其景观、生态环境效应为基础的产业，投入较少，产出较多，它们创造的经济价值并不比畜产品的价值低，相反，根据近年来国内外对生态系统服务理论的研究表明，草原生态系统服务所产生的总价值中，生态环境所提供的经济价值约占 70%强，各类物质生产所提供的价值约 30%弱。此外，种草养畜及牧草加工业，牧草和草坪草种子业也已形成颇具规模的产业。这些倚赖天然草原、人工草地和草类进行生产的部门构成了现代草业。草业涵盖的生产部门较多，草业是一个生产链很长、生产领域广阔的产业部门。

1984 年钱学森院士创造性地提出了知识密集型草产业的问题。1985 年进一步诠释了知识密集型草产业的含义，并提到了农区和林区的草业，奠定了完整的草业科学和草业生产范畴。1987 年，他给草业创造了 Prataculture 这一英文名称（钱学森更倾向于使用 Praticulture 一词——编者注）。1990 年他更具体地指出：草产业的概念不仅是开发草原、种草，还包括饲料加工、养畜、畜产品加工。最后一项也含毛纺织工业。他先后多次指出：草业除草畜统一经营之外，还有种植、营林、饲料、加工、开矿、狩猎、旅游、运输等经营活动。草业也是一个庞大复杂的生产经营体系，也要用系统工程来管理。钱学森院士的草业系统工程思想，将草业的各具独立、特定功能的资源系统、生产系统和管理系统联合成有机、有序的草业系统整体。

与此同时，任继周院士（1984）提出了草业生态系统的概念，论证了草业的发生与发展（1985）。1990 年提出草业生产的四个生产层的论点，并在《草地农业生态学》（1995）一书中完整地论述草地农业生态系统的基本概念、结构、功能、效益评价等问题；在基本结构问题上，详细地论证了草业的环境生产（景观、环境、游憩）、植物生产（牧草、作物、林木等）、动物生产（家畜、野生动物及动物产品）、工贸生产（草畜产品加工、流通）四个生产层的产业系统。这样，任继周院士建立了完整的草业生态系统理论。

在这些创造性的科学理论和认知的基础上，草业从实践和理论两个方面得到了全面的发展和确立，我国的草原科学发展、升华为草业科学。

3 草业是与农业、林业三足鼎立的第一性产业

草业是以天然草原、人工草地和草类为生产资料的第一性产业。它的物质生产主体是牧草和放牧家畜与野生动物，因此它也具有第二性的动物生产的特征；它的文化精神生

产主要是草坪竞技运动和草原游憩；它还是我国极为重要的生态屏障，有巨大的生态环境功能和环境产业。因此，草业是包括物质生产、文化精神生产和环境生产的综合性大产业。

农业是以耕地和农作物与园艺作物为生产资料的第一性产业。它的物质生产主体是粮食、油料、蔬菜和水果；它的文化精神生产主要是农村游憩；它也有重要的生态环境功能。因此，农业也是包括物质生产、文化精神生产和环境生产的综合性大产业。

林业是以天然林、人工林和树木为生产资料的第一性产业。它的物质生产主体是木材和野生动物；它的文化精神生产主要是森林游憩；它是我国另一极为重要的生态屏障，有巨大的生态环境功能和环境产业。因此，林业也是另一个包括物质生产、文化精神生产和环境生产的综合性大产业。

根据上述分析可以看出，草业本身是从畜牧业分离出的具有第二性动物生产特征的综合性第一性产业。它与农业和林业，都是范围广阔，面积巨大，生产结构相似的第一性生产，但它们的生产资料、生产链、产品的功能和用途有很大的不同，因此，草业和农业、林业是同等重要，不可相互代替，成为三足鼎立态势的第一性产业。

学习钱学森草产业理论，推进我国草业持续发展

张自和*

1 钱学森为草业科学理论创新做出了历史性贡献

1984年6月28日，钱学森院士应《内蒙古日报》副刊编辑郝诚之的邀请，撰写的《草原、草业和新技术革命》一文在该报发表，文中明确提出了“草业”，并指出，“草业就是利用草原，让太阳光合成碳水化合物为主的草，再以草为原料发展畜牧业及其他生产。”“草业，是作为产业的概念提出来的，它是以草原为基础、利用日光、通过生物创造财富的产业。”同年12月，钱老应中国农业科学院邀请又作了题为《创建农业型知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》的学术报告，认为创建包括草业在内的农业型知识密集产业，是以信息技术为核心的第五次产业革命之后，行将兴起的第六次产业革命，其特点就是以太阳为直接能源，利用生物来进行高效益的综合生产。

1986年钱学森院士从系统论的观点，进一步提出了从草地到饲料，到家畜，再到加工流通的草业系统工程思想，勾画了草业及其产业化的战略蓝图，也明确了草产业发展应遵循系统工程的方法论。

钱老以战略科学家和人民科学家的远见与情怀，在审视世界科学前沿、谋划祖国科学发展蓝图的同时，十分关注并提出了“草业”概念，创立了以系统工程思想为指导，发展“知识密集型草产业”的草业科学理论，不但为“立草为业”、发展“草产业”奠定了基础，也为草业与草业科学的未来发展指明了前进的方向。

在草业科学内涵与发展方向认知的基础上，贾慎修、任继周、祝廷成、洪绂曾、李毓堂、许鹏、李博等老一辈科学家和草业界广大科技工作者，继续努力，进一步推动草业科学的不断发展与创新。

任继周先生根据系统工程的思想，于1990年提出草业有四个生产层，论证了草业的前植物生产（景观、环境、游憩）、植物生产（牧草、作物、林木等）、动物生产（家畜、野生动物及动物产品）、后生物生产（草畜产品加工、流通）四个生产层及其相互关系。2000年又提出了草业科学的界面论，认为地境—植物界面、草地—家畜界面、草畜—社会界面，是联系和研究草业各生产层及其相互间关系与变化过程的关键。2009年进一步提出并着重论述了草业科学的多维性及其结构。认为“维”是现代科学研究与应用的重要概念，是连缀、规整相关学科为一个整体的灵魂。草业科学也具有多维性，在其内部至少有四个学科具有维的性质，即草原类型学、草原生态化学、草地农业生态学和草业信息学。它们各有独

* 张自和，兰州大学草地农业科技学院研究员，博士生导师。

具的知识流,又赋予草业科学的多维性,通过连缀、规整,将草业科学的各个板块构建为既相互独立而又相互联系的草业科学体系。

如果说,钱学森知识密集型草产业和草业系统工程思想的提出,为草业及其科学发展指明了前进的方向,明确了方法论;而草业三类因子群、四个生产层、三个界面与多维结构则构建了草业生态系统理论的基本内涵;由草业及其系统工程思想与草业生态系统理论共同构建了草业科学的理论与方法论体系。在草业及其科学发展的进程中,钱老的草产业理论发挥了画龙点睛与引领导航的历史作用。

2 学习钱学森沙草产业理论,实现他的遗愿,推动草业持续发展

自从钱老沙草产业理论提出20多年来,我国沙草产业界,不负钱老重托,在沙草产业的理论开拓与实践方面,不断探索,将沙草产业作为改善生态、富民兴业的特色产业和重大举措,成立了沙草产业协会,开展大量有成效的工作,特别是在"阳光农业"、"绿色草业"、"生态产业"领域,逐步确立"多采光、少用水、新技术、高效益","绿化、转化、产业化"等理念和发展模式,取得了一系列成效。但是,要在"立草为业"的基础上,更上一层楼,真正实现草业的产业化与可持续发展,尚有许多基础性、根本性的事情需要继续下功夫去完成。

2.1 树立科学发展观,明确草业的功能定位

科学发展观,就是要按规律办事,要从实际出发,要保护环境,要以人为本。我国草地,从总体上讲,占国土面积的41%,是我国最大的陆地生态系统,是经济和草地畜牧业发展的重要基地,是自然资源的巨大宝库,是各民族生存的重要家园,更是国家生态安全的重要屏障。但从另一方面看,以往过分强调草地的生产或生产资料、畜牧业生产基地属性,而忽视了草地的自然、生态保护属性,功能定位失当;加之草业本身的基础性、公益性,弱质、弱势地位,在缺少法治管理的情况下,草地便成了人人都想占用、都想索取的"唐僧肉",致使90%以上的草地退化,近些年虽经治理,但因欠账过多,且功能定位仍不明确,所以,草地"局部治理总体恶化"的趋势并未从根本上改变。鉴于草原的生态功能应该重于生产功能的实际与目前继续退化的严重现状,必须对草原的功能重新加以定位,要由以生产为主,转向生态、生产兼顾,以生态保护为主,犹如林业的功能由伐木转变为营林,由提供木材转变为生态保护一样。如果草原没有合理的功能定位,就难以承受沉重的生产压力,它所面临的困境就难以扭转。

2.2 明晰产权制度,进一步落实草地承包制度

产权制度是社会经济体制和政策的集中体现,对草地环境有巨大的影响。在我国历史上,草地资源曾属奴隶主、封建领主和部落头人所占有,当时对草地虽然缺少管理,但由于人口少,饲养家畜少,对草地环境的影响也相对较小。解放后草地收归国有,但实际管理权限与责任并不明确,家畜却无限发展,一度导致草地严重退化。1985年发布了《中华

人民共和国草原法》，规定“草原属于国家所有，由法律规定属于集体所有的除外。国家所有的草原，由国务院代表国家行使所有权。”

-尽管法律条文中有了规定，但实际上由于草地产权属于国家，草地国有，在法制不健全、监管不力的情况下，常常造成草原管理权、保护权虚拟化，保护无主而利用却人人有份。草地使用者为了追求个人利益最大化，可以无度利用甚至破坏，而又不承担任何责任。后来实行草地承包，但落实的并不彻底，如有些边远、面积大、质量较差的草地，划界困难，而建立保护设施更困难，如高山上的夏季放牧地，荒漠地区的大面积缺水草地等，现在仍然没有承包，成了抢牧滥牧的主要对象，成了“公地悲剧”的继续受害者。还有的地方，一些既得利益者，占有较多、较好的草地，放养更多的牛羊，不愿意将草地公平的承包到户，阻止草地承包经营权的落实。另外，草地经营权流转不畅，有能力的得不到需要规模经营的草地，无力经营的草地又不能及时合理地转让出去，草地的管理和经营水平也无法提高。

土地使用权是一个头等重要而又经常涉及的问题，只有产权和使用权明晰，才有可能作到“管、用、建，责、权、利”的完全统一和真正落实。“人有恒产，则有恒心”，草地使用权不仅是一个名义上承包到户的问题，还必须真正作到“谁承包，谁建设，谁受益，长期不变，允许继承，允许转让”，特别是经营权、收益权、处置权和草地依法有偿转让等，必须有确实的保证，牧民群众的积极性才能最有效地调动起来，从而为实行草畜平衡、推行划区轮牧、休牧和禁牧制度、实行草地的生态保护与可持续发展奠定坚实的基础。

2.3　划定并依法保护基本草原

我国是一个草原大国，多年来草原面积的统计数字一直是 60 亿亩（4 亿公顷），占国土面积的 41.7%，是耕地面积的 3.2 倍，森林面积的 2.5 倍。但由于历史和现实的多种原因，自 20 世纪 50 年代以来，全国累计开垦草原 2000 万公顷(3 亿亩)，近几年还因开垦、占用等仍以每年 150 万公顷的速度减少。在面积不断减少的同时，存留的草原 90%有不同程度退化，退化面积还以每年 200 万公顷的速度递增，草原过牧的趋势没有根本改变，乱采、滥挖、滥垦、破坏和侵占草原的现象时有发生。面积继续减少和质量继续退化的双重压力，使草原早已不堪重负，而人口增长与社会需求对草地的压力却有增无减，如果不下功夫依法加以保护，不少草原将面临灭顶之灾。因此，国家要像划定与保护基本农田一样，划定与保护基本草原；像划定与保护林地一样，划定与保护基本草原。从长远讲，划定与保护基本草原，是从根本上解决草原非法侵占、面积日渐减少的根本性战略决策。在划定基本草原的基础上，进而通过对草原的保护、建设与管理，扭转草原退化趋势，恢复与提高草原生态与生产功能，促进社会经济与草原生态保护的协调与可持续发展。“守土有责”，划定基本草原，是我国草业发展史上一项具有里程碑意义的大事，责任在当代、功利在千秋，需要本着对历史、现在和未来高度的使命感和责任感，守护好草原。

2.4 实施草原生态补偿，实现草原减负与持续保护

草原生态补偿是草原使用者或受益者在利用草地资源或其服务功能的过程中，对草地资源的所有权人或为草原生态保护付出代价者支付相应的费用，不是恩赐，也不是诉求，而是责任，也是将“国家要生态，领导要生产，牧民要生活”的不同目标有机地结合起来的一种重要手段，目的在于支持与鼓励草原地区更好地承担保护草原、改善草原环境、发挥草原生态功能的责任，实现草原的永续利用与社会经济的可持续发展。

草原生态补偿，从区域看，应着重对草原生态破坏严重、生态脆弱和生态、生产功能重大、关键区域，如已划定的基本草原、自然保护区等优先实施补偿。补偿途径可以多样，如通过国家法规、产业政策、税收等方面予以支持；或将重要草原划定为基本草原或草原自然保护区，通过对其实施投入与保护加以支持；或通过各种具体的建设项目与工程措施加以实施等等。其中，实施草业重大工程，则是落实草原生态补偿最直接和有效的途径之一，如经国务院同意，由农业部会同有关部门编制的《全国草原保护建设利用总体规划》，在总结多年来草原保护建设成就的基础上，提出了加强退牧还草、沙化草原治理、西南岩溶地区草地治理、草业良种、草原防灾减灾、草原自然保护区建设、游牧民人草畜三配套、农区草地开发利用、牧区水利等草原保护建设九大工程，涉及1100多个县(旗)，如能及时有效地组织实施，将是对草业发展最直接、最有效的支持与补偿。

2.5 可持续性的政策是保证草业可持续发展的关键

历史和现实都表明，政策及其连续性对草地经营和环境变化有着极为深刻的影响。如我国西北地区，人类大规模改造自然、对草地施加影响是从2000多年前开始加剧的，特别是经过秦汉、隋唐和清代几个中央政权的鼎盛时期，经济和文化得到很大发展。在“屯垦戍边”、“移民实边”、鼓励耕战等一系列政策下，大力推进农耕文化。长期的政策导向，不断开垦草地，虽然保证了当时政治与某种发展、特别是种植业发展的需要，但大面积毁坏了草原和林木植被，致使西北长城沿线的土地荒漠化日趋严重，而黄土高原地区的水土流失日益加剧，使贺兰山以东自然条件适合于牧业的草原、草地，逐渐演变为今天的农区或农牧交错区。

在新中国成立后的50多年中，由于人们改造自然的能力增强，特别是在“改造自然”、“以粮为纲”的政策下，不但在更大范围内使草地开垦变为农田，一些内流河的中游还修建了平原水库，基本控制了河流的径流，虽然扩大了灌溉面积，绿洲农业得以维持或扩大，但由于缺乏对下游生态用水的考虑，平原水库建成之日，往往就是下游断流之时；人工绿洲的扩大常常以天然绿洲的缩小、衰退和草地荒漠化为代价。

长期鼓励开垦的政策尽管对当时的政治稳定和经济发展起了一定甚至重大作用，但过度开垦和掠夺式利用却是造成环境恶化最直接的原因。

1983年7～8月间，时任中共中央总书记的胡耀邦到甘肃各地视察，针对“以粮为纲”思想造成的禁锢，提出要“反弹琵琶”，种草种树，发展畜牧，改造山河，治穷致富；中央也提

出了相应的政策;当时甘肃乃至全国的种草事业有了长足发展。但为时未长,随着胡耀邦1987年离职,人去政策变,种草种树没有坚持下来。

1999年秋季,朱镕基总理考察陕北水土流失与生态环境治理情况时,指出:“防治水土流失,是当前生态环境建设的急迫任务。治理水土流失,要采取退耕还林(草)、封山绿化、以粮代赈、个体承包的措施”。之后,还在甘肃、四川等地反复阐述了这些观点,并在各地开始组织实施。2000年9月发布了《国务院关于进一步做好退耕还林还草试点的若干意见》。

由于“退耕还林还草”符合国情和可持续发展的需要,改变了历史上以粮为纲、鼓励垦伐的做法;而对退耕还林还草实行补贴和鼓励政策,则是历史性的大转折,是顺天意、合民心、利在当代功在千秋的一项重大举措。退耕还林还草作为产业结构调整和生态建设的一项战略措施,虽然在实施中因为各种原因,有不足之处,但重视植被恢复、重视生态保护的大方向与取得的一系列重要成果,值得坚持与大力推广。为了实现可持续发展的目标,既要有相应的政策法规,还必须保持它的可持续性,经过世世代代坚持不懈的努力,才能达到预期的目的。

2.6　选择草业可持续发展的技术路线与技术措施

诸如退耕还林还草、植被恢复建设的重点地区选择:应以黄土高原水土流失区、农牧交错带北侧、长城沿线风沙危害严重地区,耕地坡度大于25度以上的山地地区,相对集中连片,而不必过于分散。

退耕还林还草的植物种选择及草灌乔的合理配置:在400毫米降水以下的干旱和半干旱地区,特别是200毫米以下荒漠草原地区,植被建设应以草灌为主,以封育为主,不宜提倡还林,不宜提倡大面积建立人工植被,而主要通过保护,利用生态系统的自我恢复能力,依靠自然力量恢复植被。否则,不但代价过高,也难以持续。

在草与畜的关系上,既不能认为草地饱和、生产到顶、无所作为,也不能“人有多大胆,地有多高产”,为所欲为,而要增草增畜,建设养畜,建立草畜之间在发展基础上的动态的平衡。在“放牧”与“禁牧”的关系上,除少部分非得完全禁牧的地方外,大部分地方要实行划区轮牧、封育轮牧,防止由过去不加控制的滥牧而变成不顾实际情况的完全禁牧,走向另一个极端 ,关键在于管理,“法管人—人管畜—畜管草”,人—畜—草协调发展。

在草地利用率上,坚持吃一半留一半的原则,即对一般的典型草原,保持50%左右的利用率,对于高寒、荒漠草地,利用率应更低一些。以往多提倡70%～80%,甚至更高的利用率是不适当的,更不能吃光吃尽。

在沙化和退化草地的防治上,不要沿袭先破坏后治理的老路,等退化了再去治理,而要防患于未然,预防优先,有重点地治理。通过这些重大措施的有效实施,使草业逐步走向健康与可持续发展的道路。

经过半个多世纪的研究与发展,我国关于草原与草业的认识,已不再仅仅是一种植被类型或自然景观,也不仅仅是一种畜牧业生产基地,而是关系国家生态安全、民族团结、社

会经济可持续发展等多功能的战略资源与新兴产业；草业科学思想历经了作为一个饲料生产部门的“草地经营”、到“土—草—畜三位一体”、再到“立草为业”、发展草产业与建立可持续发展的“草业生态系统”等不同发展阶段；草业研究已不仅限于牧草与家畜，而涉及草业的多个生产层、多个界面与多维空间；草业涉及的不仅有草原牧区，还有农区、城市及与草业相关的各个领域与不同行业；而相应的草业学科，已从牧草学——草原学——草地农业生态学，发展到草业科学，从而形成了以草业系统工程思想为指导，以草业生态系统为主要内容，以该系统的健康与可持续发展为目标，共同构成了内涵丰富、结构更趋完整的新兴草业科学体系。其中，钱学森关于草产业与强化国家草业管理的见解，尤其需要深刻领会与付诸实施。

建立草地农业系统，治理民勤荒漠化

侯扶江* 常生华 南志标

1 民勤荒漠化再认识

石羊河流域是世界闻名的沙漠化重灾区，也是我国重要的沙尘暴策源地之一；全流域沙漠化面积占国土面积的27.2%，中度以上沙漠化土地占到93.1%；绝大多数分布在民勤县，全县沙漠化土地面积约占土地总面积的占94.6%。明清以来，民勤县因土地沙漠化外迁的“生态难民”超过30万人，在县内“移丘换段”（耕地沙化后，被迫撂荒，迁徙他处另垦新荒，如此重复延续）的“生态难民”更是难计其数，千百年来，“移民”的方式层出不穷。近10年来，3.2万人举家外迁。目前约3000人/年。传世俗谣“天下有民勤（人），民勤（人）没有天下”便是对民勤沙漠化与“生态难民”的深刻诠释。沙漠化成为民勤人民挥之不去的梦魇。

河西的土地沙漠化主要是在自然环境的大背景下，人类活动的结果，关键是农业生产活动。历史上，河西走廊经历了多次开垦种植高潮，以汉、唐、清三朝规模较大，或由西向东、或由东向西展开，土地沙漠化亦随之对应地出现了三次高潮和东西方向的摆动。民勤的土地开垦和沙漠化则相应地在南北方向摆动，与整个河西地区荒漠化进程保持时空一致性。垦“荒”的本质是垦草，破坏荒漠草地，草地是畜牧业生产基地，河西垦荒种植与土地沙漠化体现了种植业与畜牧业的关系。2000多年来，河西的农业系统从畜牧业开始，在畜牧业与种植业之间转换十数次，总的演替趋势为“畜牧业→畜牧业＋种植业→种植业→种植业＋畜牧业”。每一次种植业高潮便栽下沙漠化加速的祸患，当沙漠化危及绿洲生存时，畜牧业便介入，为下一次垦荒种植构筑环境基础。河西与民勤大规模垦荒种植所构建的农业系统与沙漠化高潮呈现一一映射关系。

民勤沙漠化是土地资源对错误农业系统的逻辑解读，是畜牧文明和农耕文明长期对立而不能融合的产物，是人类与自然长期博弈却远离和谐的结果。民勤沙漠化现状是历史上农业系统的行为遗产，现行的农业系统也预示着民勤沙漠化的未来。当前，民勤县与河西走廊的沙漠化仍然处于又一个高潮之中，并在上世纪80年代中期达到顶峰，当时河西地区的沙化土地增速为2.15%/年，民勤县为1.18%/年，相当于6～8年沙化一个民勤绿洲。以国土总面积计算，河西和民勤的沙漠化速度分别为0.54%和1.13%，远远高于全国平均速度，这是片面强调粮食生产、实行种植业独尊的农业系统所引发的必然结果。近20年以来，中央、地方政府和人民群众投入大量资金、技术、人力治理沙漠化，但整体恶

* 侯扶江，博士，兰州大学草地农业科技学院副院长，教授。

化的趋势未根本改观。

2 民勤县沙漠化防治的出路在于草地农业

2.1 农业结构调整的原则

人口压力之下，民勤以种植业为主的农业系统过度耗损有限的水资源，是导致其土地沙漠化的根源之一。这也从相反的角度说明，通过农业系统的结构调整，实施以防为主、防治结合的沙漠化防治思路，可以实现民勤县生态、经济与社会可持续发展的目标。

根据民勤农业系统现存的问题，笔者建议民勤农业结构调整的三个原则：生态原则，主要是把农业系统生产力评定从现行的核算单位土地面积的经济效益，转变到以提高水资源利用效率为基础的定量指标上来；生产原则，主要是优化农业系统设计，促进生态、植物、动物和流通加工等各个生产层的链接，尤其要加强种植业结构设计，扭转作物生产与家畜生产严重对立的现状；经济原则，主要是改变农业生产单纯依靠输出初级产品获取效益的局面，利用当地资本、人力和技术资源，开展产品初加工和深加工，实现农产品就地增值，把利润留在当地，让农民受益，把农民的利益与生态建设紧密结合起来。

2.2 草地农业是一种适宜于民勤的生态农业

1980 年中期至今，兰州大学草地农业科技学院（原甘肃省草原生态研究所）在甘肃河西地区开展山地-绿洲-荒漠复合系统的耦合模式研究。在河西食物安全和生态安全体系中，绿洲种草面积≥50%较为可靠，既保证人均粮食占有量持续增加，又分别提高光能和水分利用率 30%和 40%。由于绿洲区种草，促进草畜结合，吸引山地和荒漠区家畜前来育肥；同时绿洲还供应饲草，使过牧退化的山地和荒漠生态系统得以休养生息，荒漠化得以控制，成为绿洲可靠的生态屏障；山地、绿洲、荒漠三个子系统通过种草养畜进行耦合，生产潜力提高 6 倍以上）。甘肃省治沙研究所近 50 年坚持在民勤开展荒漠化防治的定位研究；结果表明，在绿洲外围，合理放牧是荒漠草地适宜的利用方式；而以苜蓿种植为主的节水型现代草地农业是干旱荒漠区可持续发展的关键，绿洲粮经草的种植比例应 65∶32∶3调整到 1∶1∶1 是实现高效节水持续农业的对策（贺访印等，2004；王祺等，2004）。

民勤县也有部分乡镇种草养畜、家畜规模化养殖初显曙光。民勤南部蔡旗和重兴两个乡畜牧业收入超过全乡 GDP 的 45%，肉羊和肉牛肥育成为主导产业。蔡旗乡 40%耕地种植玉米，年肥育肉羊 2.43 万只，肉牛 3240 头。重兴玉米种植面积也占耕地总面积的40%，肥育绵羊 2.95 万只，肉牛 3900 头。其中，6 个育肥示范户，育肥肉牛 500 头，绵羊1000 只。重兴乡新地一社农户杨再天，2006 年 1～10 月育肥架子牛 80 头，毛利润 10 万元左。这两个乡人均收入 3250 元以上。家畜生产规模化，带动了全县其他乡镇的种植结构改革，相邻乡镇的玉米、苜蓿等种植面积不断扩大。

2.3 民勤应该建立作物-家畜综合农业生产系统

当前，全球草地农业主要形式有粗放的饲草作物专门化生产系统、粗放的家畜专门化生产系统、粗放的作物-家畜综合生产系统、集约化的饲草作物生产系统、集约化的家畜专门化生产系统和集约化的作物-家畜综合生产系统（Allen 等，2006；Hou 等，2008）。随着农业科学与技术的进步，这些系统从低级到高级，指示着草地农业系统的演化阶段，其中集约化的作物-家畜综合系统是当前农业系统的高级阶段和演进方向（Hou 等，2008）。当然，也可以是民勤农业系统结构调整的参照"模板"。

总体上，民勤现行农业系统属于粗放型的作物-家畜综合生产系统。在荒漠区，家畜生产占据绝对优势；在绿洲区，作物生产独居一尊。由于民勤存在水资源短缺的"瓶颈"，具有潜在沙漠化和盐渍化的趋势，专门化作物生产系统化肥和农药污染严重，对县域环境造成威胁。民勤农业的发展应该以建立集约化的综合生产系统为目标，避开集约化的专门生产阶段，实现跨越式发展。

具体思路，民勤县总体上分为绿洲和荒漠两个生态区域，需要建立以各自农业资源为基础的适应性农业系统。该县荒漠区有巨大的天然草地资源，宜在有条件灌溉地区，播种适当面积的多年生牧草作物，建立作物/天然草地-家畜综合生产系统，作物生产高效利用有限的水资源种植优质牧草，支持家畜生产。绿洲区则建立草田轮作-家畜综合农业系统，通过草田轮作提高水资源利用效率，抑制盐渍化和土地沙化，发展家畜生产；与牧草和畜产品加工相结合，吸引荒漠区家畜前来育肥，一方面减轻荒漠区压力，另一方面实现农业生产效益增值，更重要的是通过整合两个生态区域的农业系统，形成绿洲-荒漠相耦合的农业系统，进一步提高系统的经济与生态效益。

国家关注民勤沙漠化问题以来，民勤沙漠化防治正面临千载难逢的突破机遇，"退耕还林还草"、"天保工程"、"石羊河流域综合治理"等项目顺利实施，为民勤农业系统结构调整奠定了基础。当务之急是试行与民勤自然和社会发展相适应的草地农业系统，并建立其技术支撑体系，为民勤县农业结构调整、农村经济发展、农民致富提供持续的农业生产模式，为沙漠化防治和新农村建设提供"样板"。

对沙产业发展的认识

马立鹏*

甘肃省地处我国西北内陆，地形狭长，大部分地区属干旱半干旱气候，生态环境脆弱。甘肃是全国沙化土地分布大省，也是防沙治沙重点省份。全省沙化土地面积为11.92万平方公里，占全省国土总面积的28.0%，分布于8个市(州)的24个县(市、区)，沙化土地面积位列全国第五位，是全国四大沙尘暴发源地之一。沙漠化和沙尘暴天气不仅危害甘肃省经济社会发展和生态安全，而且还直接威胁到我国华北地区和黄河中下游地区的生态安全。上世纪80年代，我国著名科学家钱学森提出了充分利用沙区的光、热、风力、土地等资源，运用现代科学技术及系统工程，建立农业型的知识密集型产业——农业、林业、草业、海业和沙业理论后，为甘肃省沙区合理开发利用自然资源、加快地方经济发展指明了正确的方向。

1 沙产业发展成效

自钱学森提出沙产业理论以来，甘肃省沙区积极探索和大力发展沙产业，总结出"禁开荒、慎用地、多采光、少用水、新技术、高效益"的沙产开发建设原则，并使沙产业成为了甘肃省沙区地方经济发展的支柱产业之一。沙产业发展实现了沙区"三效统一"及"沙漠五增"。即："促进了经济效益，带动了社会效益，拉动了生态效益"和"沙漠增绿，资源增值，企业增效，农民增收，地方增税"，有效调动沙区农牧民群众及全社会参与防沙治沙积极的积极性。据初步统计，沙产业已经发展到饲料、中药材、生物质能源、工业原料、旅游等5个大类，上百个品种，总产值近亿元。沙产业发展呈现出四个特点：一是覆盖面宽、链条长，如山丹、民乐大力发展沙棘等原料林基地；武威、张掖大力发展日光温室、葡萄、中药材等。二是龙头企业迅速崛起，如河西走廊祁连、莫高、紫轩、国风、威龙等葡萄酒业开发公司发展葡萄酒产业。三是布局和结构更趋合理，如张掖市建成了推广高效节水、日光温室、种子包衣、果实套袋、测土配方施肥、绵羊改良等新技术10大类94项，优质产品率达60%以上。四是科技含量不断提高，如沙区各市县按照"多采光、少用水、新技术、高效益"的沙产业理论为指导，积极探索沙产业发展的关键性技术。

2 几点认识：沙产业及其发展意义

(1) 沙产业是根据沙区水资源紧缺，光能、土地和动植物等资源极为丰富的特点，在

* 马立鹏，甘肃省林业厅三北防护林建设局副局长，甘肃省林业厅防沙治沙办公室副主任，教授级高级工程师。

保护生态环境的基础上，合理利用沙区生物资源，开发科技含量高、市场前景广阔的高附加值产品的复合产业，涉及国民经济第一产业、第二产业、第三产业的多个门类。合理开发利用沙区生物资源，大力发展沙产业，对于发挥沙区的比较优势，促进人与自然和谐相处，推动整个社会走上生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路有重要意义。

(2)通过发展沙产业，有利于把沙区资源优势转化为经济优势，实现沙区资源的多层次、多途径的开发利用，形成区域性的支柱产业，满足多样化的市场需求。

(3)通过发展沙产业，有利于促进沙区产业结构调整，为沙区农村开辟新的就业渠道，创造就业机会，增加农民收入。

(4)通过发展沙产业，有利于调动社会各界参与防沙治沙积极性，逆向拉动沙区生态建设，创建出一条防沙治沙改善生态—适度发展沙产业—促进植被恢复的可持续发展的路子。

3 几点启示:沙产业发展一定要贯彻“六个坚持”

(1)坚持生态效益优先。在保护好沙区生态的基础上，合理开发利用生物资源，大力发展经济效益好、无污染的产业，促进区域经济发展和农民增收，调动农牧民参与生态建设的积极性，实现生态效益、经济效益和社会效益相统一。

(2)坚持以市场为导向。充分发挥市场配置资源的基础性作用，适应市场多样化的消费需求，发展适销对路的优质、安全的沙区产品，逐步建成完整资源培育—加工利用—产品销售的沙产业链。

(3)坚持统筹规划。综合考虑沙区资源条件、市场需求、投资能力，发挥区域资源优势，科学制定沙产业发展规划，确定重点发展领域和优先开发区域。

(4)坚持依靠科技进步。保护和发展具有区域民族特色的传统工艺，依托先进科学技术，开展林草培育、产业开发，鼓励企业积极引进和开发新技术。

(5)坚持适度规模经营。发展沙产业要与资源的存量、原料基地的规模和市场的需求相适应，既要发展大中型龙头企业，又要发展有市场、有特色、有潜力的小企业，逐步建立相对集中的区域化、专业化的原料生产和加工基地。

(6)坚持服务农牧民。要充分发挥沙产业优势，努力增加农牧民就业机会和提高农牧民收入，促进沙区经济发展和生态改善。

4 沙产业今后的发展目标、方向与重点

4.1 发展目标

甘肃省沙产业发展总体目标是:积极探索和实践适合省情、沙情的沙产业发展之路，逐步建立比较完备的沙产业体系。力争用40年左右的时间使甘肃省沙产业发展基本实现由传统的低产出、高消耗的生产方式向高效、现代化生产方式的跨越。

到2020年，根据沙产业发展总体布局，分别在不同自然区域和不同经济发展水平背

景下，从优化和调整沙区经济结构、增加农民收入、改善农村生态等方面入手，面向国内、国际两个市场，大力培育沙产业资源基地，引导建立一批资源加工企业，不断探索沙产业发展的新途径和新机制，积累经验，起到典型引路，示范带动作用。

到2050年，全面推进沙产业快速发展，基本实现传统产业向现代化产业转变的历史性目标，建立起比较完备的沙产业科技创新体系和技术服务保障体系，实现沙区经济、社会和环境的协调发展和沙区资源的可持续利用。

4.2 发展方向

以绿洲和绿洲周边为发展基地，运用现代科学技术和高效节水灌溉装备，大力发展高效节水灌溉林业，加大建设人工饲草饲料林草及饲料加工基地的建设力度，合理发展畜牧业及畜产品加工业。提高水资源的利用率，充分利用本地特有的经济林果品、饲用植物等生物资源，推进优势资源的高效合理开发和深度加工，努力延长产业发展链条。积极开展药用植物资源（甘草、枸杞、肉苁蓉等）的人工培育，搞好药材的精深加工。大力发展风能、光能、沼气等农村替代性能源。

4.3 重点领域

（1）培育灌木饲料及加工利用。利用柠条、毛条、花棒等固沙效果好和饲用价值较高的特点，结合重点林业生态工程建设，大力发展灌木饲料林基地，并配套发展饲料加工业。大力发展畜牧养殖业，加强畜产品精深加工。

（2）工业原料基地建设及加工利用。在沙区适宜地区，建立生态、经济效益较好的灌木资源基地。通过平茬，对灌木林（沙柳、柠条等）进行科学经营，平茬后灌木林用作人造板、造纸原料。

（3）药用植物和食用植物资源培育及加工利用。沙区有丰富的药用和食用植物，如肉苁蓉、甘草、麻黄、黄芪、当归、板蓝根、罗布麻、苦豆子、枸杞等，具有很高的药用价值；巴丹杏、沙棘、桃、杏、枣、葡萄、黑加仑、白茨等都具有较高的食用价值。因地制宜地建立特有药材和食用植物基地，并配套发展加工企业，实现产业化、规模化经营。

（4）野生动植物驯养、繁育利用。在严格保护沙区珍稀濒危野生动植物资源和严格执行有关法规、国际公约的前提下，鼓励野生动植物基因资源保护、种源繁育和基地建设，促进由利用野生资源为主向利用人工资源为主转变。引导、扶持一批野生动植物繁育利用示范产业和产业群。

（5）特色景观旅游。沙区有着独特的自然景观，森林、草原、湖泊、沙漠、戈壁、雅丹地貌交融在一起，加上少数民族浓郁的文化底韵，发展沙区特色旅游前景广阔。

（6）发展农村替代型能源。利用沙区特种乔灌木资源，大力发展生物柴油和发电。对于光、热和风能资源丰富的地方，发展太阳能、风能、沼气等替代能源，重点解决农村燃料缺乏的问题。

5 保障措施

(1)加强组织领导。要深刻认识发展沙产业的重要意义,把发展沙产业和防沙治沙放在同等重要位置,建立健全沙产业发展指导、管理机构,切实抓好产业政策落实。

(2)多渠道增加沙产业投入。积极争取财政支农、农业综合开发、小城镇建设、科学研究和技术推广、教育培训等方面资金向沙产业发展领域倾斜。利用林业治沙贴息贷款扶持沙产业发展,支持沙产业企业通过上市进行融资。结合集体林产权制度改革,落实林地、林木资源抵押政策,采用联营、合资、股份合作等方式,广泛吸收社会资金。扩大农户小额信用贷款和农户联保贷款规模,简化贷款手续,支持农户建设林草基地和发展沙产业。

(3)强化科技支撑。要积极开展沙产业方面的高新技术研究和应用,充分发挥科技对沙产业发展的支撑作用。根据沙区地域特点和自然资源优势,科学编制沙产业发展规划。依靠科技进步,选择一批技术成熟、市场前景广阔和经济效益好的重要科技成果,大力进行推广,提高防沙治沙科技含量。根据不同类型区建立集示范、培训、技术推广为一体的典型示范区,总结成功经验,带动区域经济的发展。

(4)依法规范沙产业发展。要严格按照《森林法》、《防沙治沙法》、《土地管理法》、《草原法》、《营利性治沙管理办法》等法律法规规定,规范沙产业开发行为,防止因发展沙产业对沙区生态造成新的破坏。

前景广阔的沙产业

刘铭庭*

我是个防沙治沙战线上的老兵,1957 年大学毕业后主动要求到新疆工作,被分配到中国科学院新疆生态与地理研究所。从 1958 年至今已在新疆荒漠化治理过程中,奋斗了整整半个多世纪。

改革开放之前光是埋头搞防沙治沙工作,虽然在工作中摸索出一些经验,也取得了一些成果,防沙治沙的效果也十分明显,但当时防沙治沙工作只要取得较好的生态效益就算达到了目的和完成了任务。

随着改革开放的深入发展,1984 年钱学森院士第一次提出沙产业,他说:“沙产业就是利用阳光,通过生物、延伸链条、依靠科技、面向市场、创造财富的沙业系统工程”。这是一项具有中国特色自主知识产权的创新理论。大家一致认为:钱老的这一设想为我国防沙治沙事业指明了广阔的前景。

钱老的理论必须经过改革的实践来证实这一理论的正确性。为了实现钱老的设想,给沙漠创造出一个美好的家园,使人类和沙漠和谐相处,通过努力给荒凉的沙漠创造出一个美好的绿色环境,沙漠绿色环境也以它的资源优势给人类一个相应的回报,最后达到建设沙漠生态文明的目的。从此,沙漠和人类将世代和谐相处下去。

20 余年来在改革开放思想的指引下,我们一直围绕钱老提出的沙产业理论在进行探索性和开创性的工作。就在钱老提出沙产业之后不久,1986 年我在中科院新疆策勒治沙站首次在红柳的根部接种肉苁蓉获得成功。肉苁蓉是优良固沙植物红柳和梭梭根部寄生的名贵中药材,在我国民间使用已有 2000 多年的历史。国内外诸多学者从不同角度对其进行了深入的研究,发现肉苁蓉对人体有改善性功能、调节免疫、增强体力、保护心肌、促进消化、保护神经、提高记忆、抗肿瘤、抗幅射、抗衰老、抗肝炎和预防老年性痴呆等功效。

我于 1993 年退休。1995 年新疆于田县人民政府来函,邀请我到于田帮助沙区群众种植肉苁蓉,通过种植这一名贵中药材,使广大沙区群众尽快地脱贫致富奔小康和享受改革带来的伟大成果。为了帮助当地沙区群众,给钱老的沙产业理论提供一个真实的范例,1997 年我 65 岁时,动员全家搬到了离乌鲁木齐 1300 公里的于田县沙区,在沙漠中创办了全国第一座名贵中药材肉苁蓉人工种植示范基地,占地 500 亩。2000 年我的肉苁蓉示范基地建成投产。

因为人工接种肉苁蓉,是改革开放以后发生的一个新生事物,不仅具有生态效益、社

* 刘铭庭,中国科学院新疆生态与地理研究所研究员。

会效益而且又有较高的经济回报，所以前来参观学习的人络驿不绝。和田地区看到了肉苁蓉沙产业发展的前景，把在沙区种植肉苁蓉确定为和田地区六大支柱产业之一，计划发展 30 万亩。从 2000 年到目前为止，和田地区已经发展红柳肉苁蓉 20 万亩，目前正集中力量解决籽种小足和提高大面积高产技术。计划 2～3 年内把肉苁蓉亩产提高到 200 公斤以上，亩产值达到 3000 元，到那时，光肉苁蓉沙产业一项每年将给和田地区增收 6 亿元，如果进行深加工开发，产值还要提高好几倍。

肉苁蓉高产接种技术，是发展肉苁蓉沙产业的关键所在，经过多年不间断的努力，肉苁蓉高产技术推广工作已在全国各沙区陆续推广开来，除了新疆早走一步外，甘肃省河西走廊的民勤县、内蒙古库布其沙漠的杭锦旗、内蒙古乌兰布和沙漠的磴口县大面积推广高产肉苁蓉已获成功。亩产鲜肉苁蓉达 200～300 公斤，每亩经济效益达 3000～4500 元。

由于沙区种植肉苁蓉是一项既有明显生态效益、社会效益，又有较高经济价值的沙产业，它的高产种植已在全国各沙区逐渐推广开来。一些人在人工种植肉苁蓉沙产业方面发了财，这对广大沙区群众是一个极大的吸引力。最近一二年和田沙区人工种植的 20 万亩红柳林和内蒙古磴口县在沙区种植的 10 余万亩人工梭梭林，已被广大沙区群众所承包。而且，出现了不少大面积高产单位、专业大户和个体户。过去无人问津的沙丘沙地，如今成了沙区群众争相承包的香饽饽。改革后的政策很宽松，沙区群众愿意在沙漠中大干一场，与沙漠为友，和沙漠和谐相处，相互利用，相互支持，在沙漠中创造中国特色的生态文明，为世界沙漠治理作出应有的贡献。

小小的于田肉苁蓉示范基地，最近几年先后接待了国内外六位知名院士及众多专家教授。这些专家教授高度评价中国改革开放以后在沙漠中进行的肉苁蓉沙产业，一致认为在沙漠中发展肉苁蓉是目前取得生态、社会和经济效益方面最好的选择，应大力提倡和推广。已故的中科院刘东生院士，在 2002 年访问肉苁蓉示范基地后说："把研究工作和生产第一线的治沙工作结合在一起，非常了不起。"美籍华人、耶鲁大学教授、美国科学院院士郑永齐先生 2002 年在和田参加第二届肉苁蓉国际学术会后对和田地区领导讲："刘铭庭教授是你们和田的一个宝，希望你们一定要用好这个宝。"澳大利亚荒漠化治理中心主任、第六届沙漠工程会议主席威廉姆斯教授参观于田大芸种植场说："我永远忘记不了这个地方，希望你长期坚持下去，更好地享受生活……"这一切说明了发展肉苁蓉沙产业重要性。

我本人作为肉苁蓉沙产业高产种植技术的发明人，肉苁蓉专利技术的拥有者，钱老沙产业理论的忠诚实践者，决心把这一朝阳产业继续推广下去，使钱老的理论继续发扬广大，在广大沙区开花结果。预计到 2020 年，这一产业在新疆、甘肃河西走廊、内蒙古三大沙区推广 300 万亩，每亩年产值以最低的 3000 元计算，年产值将达到 90 亿元。如果延伸产业链条，进行综合开发利用，年产将达到数百亿元。欢迎全国各地同仁前来于田肉苁蓉示范基地参观访问。

下面将多年来通过研究总结出的肉苁蓉高产接种技术的要点介绍给大家。

寄主：柽柳属的不同种类，以多枝柽柳、多花柽柳、细穗柽柳和塔克拉玛干柽柳为主要

寄主。梭梭属的梭梭柴和白梭梭，以梭梭柴为主要寄主（白梭梭内地沙漠生长不良）。

寄主定植：最好采用宽窄行，寄主红柳和梭梭均采用一年生苗，每亩定植带根苗 220 株。宽窄行即宽行 4 米，窄行 1 米，株距 1 米。每亩折合 220 株（即 220 米），定植时间最好在春季。

接种沟：宽行中间距 4 米，为接种区，即在宽行两边离寄主 0.5 米处挖宽 0.3 米，深 0.6～0.7米的垂直沟。

接种时间与采挖时间：每年有两个接种时间。第一次在春季的 3～4 月接种，到第二年 5 月采挖药材，为春肉苁蓉：第二次在夏季的 6～7 月接种，到第二年 10 月采挖药材，为秋肉苁蓉。

接种方法：我们研制的接种方法，称“开沟撒播接种法”，此法的关键技术是沿寄主的行距开一条宽 0.3 米，深 0.6～0.7 米的垂直沟，开沟时离开寄主基茎 0.5 米，然后按每公斤种子接种 20 亩（4400 米）的要求，将种子掺沙子调和均匀，平常一脸盆沙子放 5 克种子，开接种沟时，将挖出来的沙子放在沟边，接种时将调匀的掺沙种子撒在沟边沙士的表面，然后将接种沟边堆起来的撒有种子的沙土填入沟内 0.3～0.7 米深处，最后用无种子的沙土将接种沟填平踩实。然后立即灌透水，接种即进行完毕。采用此接种方法，一般接种率都能达到 70％～80％，最高可达 100％，日后产量的高低与接种率有直接关系，即接种率越高产量越高，反之亦然。

多年来，“开沟撒播接种法”亦得到包括新疆在内的内蒙古、甘肃河西沙区广大肉苁蓉种植户的认可，新疆于田县沙区群众最近几年多采用此法，肉苁蓉产量直线上升，最近一两年这里已经形成全国最大的人工肉苁蓉集散中心，成为名副其实的“红柳大芸之乡”。

我们的“红柳大芸人工种植技术”，1992 年在全国星火计划展览会上一举获得金奖. 1999 年我们在全国率先建成第一座人工肉苁蓉示范基地，接着又率先推广了大面积高产技术，2003 年获得第一个肉苁蓉发明专利，2008 年又一举获得北京市科技进步二等奖和国家科技进步二等奖两个奖项。

2010 年 11 月 13 日，在于田肉苁蓉示范样板基地，召开了有众多肉苁蓉专业户及于田县奥依托格拉克多领导参加的肉苁蓉高产示范样板现场会。会上现场开挖，现场称重。在 100 米接种沟内，平均 1 米距离产鲜肉苁蓉 12 公斤，折合亩产量达 2600 公斤。于田肉苁蓉示范样板基地又一次创造了新的世界纪录，为“十二五”沙区广大群众肉苁蓉进一步增产增收做出了榜样。

沙产业理论在甘肃的实践与发展

刘世增* 李银科 吴春荣

值此钱学森先生诞辰100周年之际，作为防沙治沙的科技工作者，回顾和展望钱学森同志在沙(草)产业理论方面的卓越贡献，缅怀其在科学上的丰功伟绩，对激励广大科技人员献身科技事业、创新和发展治沙科研、培养和造就严谨的科学态度，意义重大。近年来，在钱老沙产业理论指导下，随着各项防沙治沙重点工程的实施，广大沙区林草资源不断增加，既显著改善了当地沙区的生态环境状况，又为沙产业的发展奠定了良好的理论基础。回顾甘肃沙产业发展的历程，总体成效显著，发展势头良好，但仍需要在实践中创新和完善理论，树立典型，为甘肃沙产业又好又快发展搭建更好的借鉴和交流平台，对于重塑中国的沙产业起源在甘肃、实践在甘肃、发展在甘肃和未来在甘肃的形象，意义深远。

1 沙产业的涵义

“沙产业理论”是著名科学家钱学森院士于1984年提出，后经不断提炼和完善，逐步形成的。起初钱老提出：“沙产业就是在不毛之地上搞农业生产，而且是大农业生产，是一项尖端高新技术产业。”即在“不毛之地”上，利用现代科学技术，包括物理、化学、生物学等学科成就，通过植物光合作用，固定转化太阳能，发展知识密集型的农业型产业。农业型产业是指“以太阳为直接能源，靠地面上植物的光合作用进行产品生产的体系”。他期望“利用现代生物科学的成就再加水利工程、计算机自动控制等前沿高新技术，在沙漠、戈壁建成历史上从未有过的大农业，即农工贸一体化的生产基地”；建立在广阔沙漠、戈壁和沙漠化土地上的“为国家提供千亿元产值的沙产业”一定能“为人类开拓新的食品来源”。他认为，农、林、草、海、沙都是按其经济活动的资源空间的产业分类。创建以上五个类型的知识密集型产业将涉及中国的8亿人口，将会引起生产体系和经济结构的变革，是21世纪在中国出现的第六次产业革命。

沙产业是知识密集型农业产业，特点是“多采光、少用水、新技术、高效益”，具有可持续和循环经济的特征。关键点在于利用尖端高新技术，高效节水和充分利用太阳能。沙产业既像传统种植业那样，是以太阳为直接能源，靠植物的光合作用来进行产品生产的体系，同时，它又是充分利用生物资源和现代科学技术成果的产物。具体地讲，沙产业就是改良发展能适应沙区环境且又具经济价值的沙生旱生经济灌木、药材和藻类等其他绿色植物体，通过光合作用高效生产沙漠特色产品的新型农业。其外延就是要把种植收获的

* 刘世增，博士，甘肃治沙研究所所长，研究员。

植物产品和二次转化产品，开发多用途的农业型或非农业型产品(包括系列化工产品体系)。经营者不仅是原料生产者，同时也是高级商品的再生产和经营者，产品应达到商品化、产业化和国际化要求。传统防沙治沙中对沙区传统生物产品进行的复制，严格地说只能是沙产业的前期阶段，作为产业，它应该是市场经济的一部分，其产品应具有高产值。

沙产业的理论体系主要体现在以高效利用沙区光、热、水、土资源为主要内容的生态主线；以现代技术武装的工厂化农业产业为中心的经济主线；以技术引进、创新和推广应用为载体的传播主线；以追求技术上科学合理、经济上高效可行、经营管理上先进、产业生命力持久为目标的行为主线。

沙产业理论指导沙区资源的有效利用，已取得一定的生态效益、经济效益和社会效益。但目前的一些理论和实践模式还有待进一步探讨，沙产业效益评价的研究较少，也有待进一步研究。

2 甘肃沙区自然概况

甘肃省是我国沙漠戈壁及沙漠化土地分布大省，沙区面积占全省总面积的 58.4%。其中沙化土地占全省总面积的 33.7%。以黄河为界，甘肃沙区分为河西沙区和河东沙区两大片。河东沙区主要分布在玛曲、平川、靖远、环县等四县区，占沙区总面积的 4.9%；河西沙区主要分布在包括景泰县在内的河西走廊 20 个县、市、区中，占甘肃沙区总面积的 95.1%。河西走廊地区独特的光、热资源有利于植物的生长和果实糖分积累；土地资源十分丰富，宜农宜林荒地、沙地约 130 万公顷。发展“多采光、少用水、新技术、高效益”的阳光产业，具有巨大的潜力。

3 甘肃沙产业发展与实践

我国沙产业起步于上世纪 80 年代末 90 年代初，最早由甘肃开始有关沙产业的研讨和实践活动。通过摸索，不断补充、完善和发展了沙产业理论，扩展了沙产业的内涵。

甘肃沙产业发展大体上经历了两个发展阶段。

第一阶段是以 1991 年 3 月在北京香山召开的第一次沙产业研讨会及甘肃省 1995 年召开第一次全省沙产业开发工作会议之后为起点，是甘肃沙产业发展动员起步阶段。这个阶段以政策引导为特征。在政策的引导下，武威、张掖、酒泉分别制定了一些治沙优惠政策和各自沙产业发展规划。

第二阶段始于 2000 年第二次全省沙产业开发工作会议在河西走廊召开之后至今，是甘肃沙产业发展的正式起步阶段，这个阶段围绕以提高太阳能固定转化率和水资源高效利用为核心。为了鼓励沙产业发展，又先后出台了防沙治沙优惠贴息贷款等项政策，从资金投入上给予支持。在政府的主导下，河西沙区相继建立了以种植业、加工业为主的沙产业开发示范区、示范点和一批龙头企业，运用地膜覆盖、温室种植、暖棚养植和微藻等生产方式以及加工、贸易为一体的多种经营管理形式进行生产经营，集约化程度稳步提高，产业化特征初步显现，此后，沙产业进入了全面开发、快速发展的新阶段。

3.1 实施生态工程为沙产业的发展实践奠定了基础

在回答防沙治沙与发展沙产业的关系时，钱老认为“治沙、防沙、制止沙漠化工程也是沙产业的组成部分，沙产业则是从已有基础的防沙、治沙、固沙事业开拓出去，再上新台阶”。这就是说，防沙、治沙是沙产业的基础，沙产业是在此基础上的进一步发展。仅河西走廊，随着三北防护林工程、防沙治沙工程、退耕还林还草、草原保护、小流域综合治理等一系列生态建设工程的实施，对重点地区和薄弱环节进行集中治理。形成了以乔木为主，乔灌草搭配，带片网结合，渠路林田相配套的防护林体系，有效遏制了风沙危害，改善了沙区生态状况和生产生活条件，促进了生产方式转变和产业结构调整，为改善人居环境和人民生产生活条件、促进农村经济和社会的稳步发展，发挥了巨大的作用。

3.2 实施节水工程为沙产业发展提供了有利条件

沙产业发展立足“节”和“省”，要抓住节水这个核心，遵照循环经济发展的基本原则，有利于突破经济社会资源发展瓶颈问题。荒漠区太阳辐射较其他地区高，发展暖棚、日光温室等保护地栽培能使沙区发挥阳光充沛的优势，克服缺水的劣势。即使在大田种植上，沙区群众根据当地的自然条件，在抓好常规节水的同时，因地制宜地应用喷灌、低压管灌、微低灌等高新节水技术和保水材料应用于立体复合沙地农业，推动了沙产业的发展。武威沙区推行一座养殖暖棚、一座水窨加滴灌设备、一座沼气池和一座日光温室的“四位一体”建设模式。通过大力发展以“设施农业”为核心内容的沙产业，实现节水、节地、增效等多重效应，有效突破资源约束的瓶颈制约，以最小的资源环境代价实现最好的经济效益，实现沙产业又快又好发展。

3.3 甘肃沙产业的实践成效

甘肃的沙区主要分布在河西走廊，沙产业的主要发展区也在河西走廊。经过近 20 年的探索实践，目前已基本形成了以种植、养殖、加工、旅游、技术研发推广等为一体的产业链，初步建立了具有地方特色的沙产业建设框架。一批以基地建设、科研开发、生产加工、销售服务一体化经营的沙产业龙头企业正在形成。陆续建成了一批以果品、蔬菜、啤酒原料、酿造葡萄、制种、棉花、畜牧、饲草料生产加工等特色支柱产业。应用日光温室、地膜覆盖、节水技术等农业高新技术，种植蔬菜、棉花、玉米、药材、瓜果等经济作物和药材，进行设施养猪、养牛、养羊等规模养殖，以及发展特色经济林和沙生植物资源的开发利用。

张掖地区建立了沙产业开发示范基地，应用日光温室、地膜覆盖、节水灌溉，兴办沙区资源产品加工企业，种植反季节蔬菜，进行日光暖房养猪。截至 2008 年已经建立了 15 个沙产业开发示范基地，4700 公顷日光温室，地膜覆盖 6.7 万公顷，节水灌溉 130 万公顷，兴办沙区资源产品加工企业 800 家，年产反季节蔬菜 200 万吨。武威市依据丰富的自然资源优势，以市场为导向，以科技为依托，以效益为纽带，初步形成了以酿造业、种植业、养殖业、食品加工业、饮食服务业等为主的沙产业建设框架，特别是葡萄产业、红枣产业、草

产业、苗木产业、花卉产业、林产品加工业的发展，有力地促进了地方经济的振兴。经济林以酿造葡萄、苹果、梨、红枣、枸杞等为主。截至 2011 年年底，以酿造葡萄、苹果、梨、红枣为主的经济林，由 1978 年的 1700 公顷发展到现在的 2 万公顷，果品产量由不足 1000 吨提高到 6 万吨以上。近年来，民勤县兴起沙区资源植物沙葱、药用植物肉苁蓉、甘草等种植产业，既保护了生态环境，且经济效益显著；景泰县利用次生盐渍化土地种植经济林枸杞，经济效益非常显著，又有效利用和改良了盐渍化土地。

在沙产业发展中，科研开发是非常重要的环节。甘肃省治沙研究所在沙区防护林树种引种驯化、沙区资源开发利用、经济林果、中药材种植及苜蓿草产业发展等方面做了大量的科学研究和示范推广工作，为沙产业持续发展提供了技术保障。科研人员深入研究，解决了干旱荒漠区樟子松和沙地云杉育苗、造林等关键技术难题，并建成荒漠区最大的樟子松苗木繁育基地，向河西及周边地区推广应用了樟子松防护林，为干旱荒漠区农防林更新改造提供了坚实的科技支撑和苗木保障；解决了沙葱作为野生蔬菜在人工家化丰产栽培、反季节生产中的理论和关键技术问题，首先在民勤县推广了大棚沙葱种植，经济效益非常显著，既减缓了对生态环境的人为破坏，又增加了农民收入；在绿洲边缘大面积推广了良种枸杞、苜蓿、甘草、麻黄等，研究提出了适宜沙区绿洲边缘生态和经济的配套技术，以及“土壤-环境、植物-品种、节水栽培及产业化发展相互耦合的荒漠绿洲边缘生产-生态技术体系”。

综上所述，全省沙产业开发起步较晚，但发展很快，同时，也显示了沙产业开发在全省沙区发展的优势。武威和张掖等地发展沙产业的实践经验为全省从 2011 年起发展 67 万公顷具有沙产业特色的经济林建设的决策既提供了理论依据也积累了宝贵的实践经验。沙产业的快速发展已成为促进地方经济发展和农民、农村致富奔小康的主导产业之一。

4 存在的问题

回顾总结甘肃沙产业发展，虽然取得显著效益，但还存在着以下问题：一是沙产业科研开发还不能适应沙产业发展的需要；二是产业、产品结构还不能适应市场多样化、优质化的需求；三是龙头企业培育滞后，带动能力弱；四是由于投入严重不足，科技推广力度不够，特别是制约沙产业开发的技术难题的攻关缺乏资金支持。五是缺乏大量掌握新技术的人才。

5 沙产业发展和实践展望

5.1 科学界定沙产业的建设范畴和基本属性

沙产业的核心特征是以太阳为直接能源，利用生物来进行高效益的综合生产，是高新技术支撑下的光合生产体系，是一种植物光能转换产业。因此，进行沙产业发展，既不能把沙产业的建设范围完全局限于不毛之地的沙漠、戈壁区，片面地认为沙产业就是对沙生植物资源的低级开发利用，也不能把沙产业外延无限扩大。在资源贫瘠的沙漠区过度地

推崇非沙产业活动或开展大量低级的初级形态沙产业，势必会过量消耗地力和水资源，破坏生态系统的平衡，加剧环境恶化。这是对沙产业建设的范畴和基本属性的理解偏差。要在高新技术支撑下的光合生产体系建设上下功夫，为沙产业发展注入新的活力，拓宽沙产业的发展空间。在太阳能的转化效益、知识密集的程度、持续实践、永续利用、保护环境等方面，实现人与自然、社会的和谐发展。

5.2　沙产业发展与促进当地经济的发展有机结合

沙产业开发是国家实施西部大开发的重要组成部分，也是甘肃省实施产业富民的一项重要内容，因此要抓住机遇，加快沙产业开发，提高资源合理的利用。把沙产业开发继续作为农村经济的一个重要增长点，增加农民收入的一项重要来源，与绿洲高效农业同步发展，互相促进，从而带动当地经济的发展。

5.3　沙产业发展要遵循自然规律，不以破坏生态环境为代价

发展沙产业既要保护环境，珍惜资源，因地制宜，适树适种；又要面向市场，科学经营，通过生产终极产品，争取最大效益；并坚持良性循环，确保发展后劲。在沙产业开发中，要合理开发利用沙漠资源，遵循不超越沙漠地区各种资源开发利用阈值（在不破坏资源和生态环境的前提下，取得最大经济效益）的基本原则。防止因沙产业开发而引发的新一轮水土资源的掠夺式开发和生态恶化，以确保开发区的生态安全。

5.4　沙产业发展要注重节水，探索节水型生态和开发模式

河西走廊人均水资源 1766 立方米，是全国人均水资源（2200 立方米）的 80%。除疏勒河外，其他流域人均水资源量均低于国际公认的人均水资源警戒线 1700 立方米。水资源危机已成为制约区域生态和经济协调发展的首要因素。因此，在沙产业开发中，控制高耗水量物种的种植面积，推广先进节水灌溉技术，注重探索和发展节水型生态林业模式和节水型沙产业开发模式，协调水资源紧缺与林业生态建设和产业化开发的矛盾，提高生态建设和沙产业开发的水资源利用率。

5.5　加大投入，提高科技含量

缺少项目和资金支持，是制约当前沙产业发展的一个主要因素。将沙产业开发寓于林业生态工程建设之中，是积极争取和利用国家生态建设投资的一条有益途经。走以“国家投资为引导、政府投入为补充、广泛吸纳社会力量投资发展沙产业”的开发思路，整合社会资源，积极争取项目，加大招商引资力度，多方筹集资金，重点建设，大力推进沙产业的健康发展。沙产业又是“农业型知识密集沙产业”的技术体系，包含着对高新技术的研发和引进应用。所以要加快对现有先进实用技术的组装配套和利用，加大生物技术、工程技术、信息技术及其他高新技术的研发、引进、消化、示范和推广，把沙产业的开发提高到一个新的水平。另外，将沙产业理论和沙区实际相结合，开展沙产业模式的效益评价研究，

因地制宜地发展沙产业。

5.6 发展沙产业的关键是技术人才和劳动力做到本地化

发展沙产业,需要大量的技术人才和劳动力。人才的本土化是沙产业持续发展的力量源泉。无论是国家投入或企业投入,技术人才和劳动力必然要以当地为主,这既是节省生产成本的需要,也是支持当地经济建设和谋求社会安定的需要。西部地区有一定的科技人才储备,沙区也有充足的劳动力资源,他们对当地的资源条件更了解,重要的是通过科技示范和带动,使他们尽快地掌握防沙治沙的技术,把他们融入到“沙产业”发展之中。

践行沙产业——非耕地上温室葡萄的高效栽培

常永义*

我国著名科学家钱学森院士在1984年提出“创建农业型知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业”和“第六次产业革命”。并指出“第六次产业革命是高度知识和技术密集的大农业产业革命”。沙产业是利用荒漠区“取之不尽,用之不竭”的阳光资源,通过植物的光合作用,在非耕地上通过新技术的研发应用,建立“多采光、少用水、新技术、高效益”的农业产品产业化生产体系。

十多年来,甘肃农业大学通过校地合作、技术创新,坚持果树“上山下滩”的方向;利用河西走廊丰富的光照资源、通过不占地、少占地和再造地,发展设施高效葡萄产业,变不毛之地为沃土。将制约传统农业发展的寒、旱等逆境条件,作为一种自然资源来开发利用。在海拔1000～2800米、无霜期90～150天,年平均温度 -1.8 ℃～4.5 ℃的祁连山浅山区和年平均温度7℃～9.4℃的夏季高温干旱区,研发在戈壁、沙漠及荒滩等非耕地日光温室冬季葡萄早果、优质、稳产、节水、高效综合栽培技术与环境调控技术;日光温室无须人工辅助加热,使葡萄鲜果在12月到翌年2月采收的延后栽培技术。通过长期努力攻克荒漠区高温、干旱、低温、冻害等多种逆境对葡萄生长发育影响,不断改进完善非耕地日光温室葡萄优质高效延后栽培技术;现已推广应用1.388万亩,年收入2亿多元。在高寒冷凉山地和戈壁荒滩日光温室取得大面积种植葡萄,达到1年栽苗,2年大量结果,3年进入盛果期(亩产1500～2000公斤),盛果期收入一般在2万元/亩～2.5万元/亩,而用水只有传统农业用水的1/3～1/2;鲜果在元旦、春节直采上市,经济效益极高,市场前景广阔。

甘肃农业大学研发的非耕地设施葡萄优质、高效、省工省力的综合栽培和生态调控、产期定向技术,可使日光温室葡萄一次种植,经济寿命达到15年以上。沙产业理论的实践,在高寒冷凉干旱的非耕地上产生的经济效益是当地传统农业相同面积的80～100倍。

1 葡萄日光温室栽培的环境条件

在干旱荒漠区日光温室内要创造适宜葡萄生长发育的环境条件,才能使葡萄正常生长与开花结果。非耕地往往是逆境环境,设施内光照、温度、水分、气体等环境因子相互影响、相互制约,其中某一个因子发生变化,必然引起其他因子变化。葡萄在生长发育中,受多种因子综合的影响。因此,为了使葡萄在不能生长的季节,正常生长发育,获得高产、稳产,必须在日光温室内根据葡萄特定的产期调控生态因子。

---

* 常永义,甘肃农业大学教授,硕士生导师。

1.1 发展区域

要求年光照在2500小时以上,12月～1月没有连续3天的降雪;年平均温度0℃～9℃; 海拔1000～2800米。

1.2 土壤条件

碱性较小的各种土壤均可通过改造种植,但以轻壤土和沙土为好。

1.3 设施条件

选择在光照充足、空气干燥、有灌水或雨水积蓄条件、排水良好的山台地或荒漠区建二代日光温室;日光温室坐北面南、东西为长边方向,可依据当地12月底气温、光照条件,偏东或偏西3°～8°,山地日光温室长度依地形而定。

2 延后栽培的品种选择

品种选择,依据销售距离市场交通品种特性要综合考虑,优质、大果、耐贮、晚熟或极晚熟的优良品种: 红地球(红色)、意大利(绿色)、奥山红宝石(红色)、秋黑(黑色)、皇家秋天(蓝色)、摩尔多瓦(蓝黑色) 红宝石无核、克瑞森无核、阳光玫瑰等。

3 延后栽培技术

主要是采用前期延缓发芽、中期露地控制生长、后期设施保护及人工调控,创造适宜树体生长和果实发育的环境条件,进行定向栽培,通过人工控制和调节设施内生态因子,延迟果实成熟与采收,达到鲜果元旦、春节采收,淡季上市的目标。特点是生产成本低,管理简便,效益突出。

3.1 园地和日光温室选择

选择气候冷凉、光照充足、空气干燥、有灌水或雨水积蓄条件、排水良好的山台地或平地建二代日光温室或利用原有的蔬菜日光温室改造利用。日光温室坐北向南,依据当地12月底气温、光照条件,偏东或偏西3°～6°。山地日光温室长度依地形而定,平地最适长度以60米为宜;土壤以土质疏松、pH为7～8的沙壤土或轻壤土为宜;高寒冷凉区棚内栽培床面较棚外地面低40～50厘米。

3.2 苗木定植技术

(1)选择根系发达、亲合性良好的一级嫁接苗,定植前高温闷棚3天,气温升到40℃以上,垅面下10厘米处地温达到20℃。定植时放帘遮荫,将气温控制在10℃～15℃。

(2)苗木定植:以定植点为中心,开挖浅穴,穴底呈“馒头”形,根系向四周均匀舒展地摆放在“馒头”形土堆上,四周填入表土踏实,栽后立即点浇水,栽后在垅上覆地膜,棚内遮

荫控温,直到发芽。

3.3 水肥管理

(1)一年生苗木定植后浇一次水,以后根据棚内土壤性质,掌握浇水间隔时间。全年一般浇5～6次水;前2～3次浇水以追施氮肥为主,后3次以磷钾肥为主。

(2)多年生葡萄灌水:一般为催芽水,日光温室开始升温时结合追肥灌水。催花水在花前7～10天,灌水以满足新稍和花序生长的需要,并为开花坐果创造良好的肥水条件。催果水在果实膨大期灌水,以促进果实快速膨大。浆果着色前期水促进果实二次膨大。采前30天不浇水。越冬水在采果后,施完基肥时灌一次较大的越冬水。原则上,中、前期灌水结合追肥进行,特别要注意的是,后期覆盖棚膜后要适度控水,以小水为好。灌水次数也要依据当地气候、设施内土壤类型而调整。

(3)灌水量:依据土壤性质掌握灌水量;沙壤土稍多,粘性土壤要少,有条件的地区,最好使用滴渗灌,不但节约用水还可降低空气湿度,减少病害发生。另外,保持土壤均匀的含水量;能防止裂果,提高品质。入冬以前浇水追肥,以少量、勤施为原则。

4 温度、湿度、光照调控

4.1 温度调控

(1)催芽期的温度管理。葡萄日光温室栽培温度调控十分重要,过高过低都会造成生理障碍。催芽期起始升温不能过快,否则会造成花芽补充分化不良,产生的花穗变小,降低果穗的商品性。开始升温高,地温上升慢、气温高,气温和地温升温的不一致,会造成植株地上部生长发育和地下根系活动的不协调,致使发芽不整齐。催芽期温度控制:实行控制升温,第1周白天10℃～15℃,夜间5℃～8℃;第2周白天15℃～20℃ ,夜间8℃～10℃;第3周白天20℃～25℃ ,夜间10℃;第4周白天25℃～28℃ ,夜间12℃～15℃ ;展叶后将温度保持在白天28℃左右,夜间15℃～18℃。另外,白天温度长时间高于30℃会造成芽僵死或萌发不整齐。

(2)新稍生长期温度的调控。新稍一边伸长生长,一边进行花器分化。要使花器分化充分,必须控制新稍陡长,调节二者对贮藏养分的竞争。温度过高,会使新稍发生陡长,花芽分化质量下降乃至退化,影响结实。此期温度的调控;通常白天温度控制在25℃～28℃之间,夜间15℃ 左右。

(3)休眠期温度控制。休眠期棚内温度控制在－1℃～2 ℃,保持地面不结冰即可。冬季最冷季节隔3～5天检查一次。如温度过低,全棚拉4～5个帘短期升温到4℃～5℃即可放帘。

(4)越冬后升温。越冬期全天覆盖草帘一直到自然萌芽后开始升温。发芽前10～15天再喷施一次石硫合剂。升温方法:萌芽初期,萌动后开始升温,每5天一个周期,缓慢升温;展叶后进入正常管理白天25℃～28℃,夜间10℃～15 ℃。

4.2 湿度调控

秋季上棚后，此时外界白天气温还较高，棚内空气湿度急剧增高。调整果实二次膨大与空气湿度高易发病的矛盾。灌水时采用小水浅灌、地面覆膜、通风等措施将空气相对湿度调控在60%～65%。

4.3 光照调控

葡萄是喜光植物，棚膜应选用无滴膜，如膜上灰尘太多，应及时清除。对留枝过密，影响果穗光照的营养蔓上幼嫩新稍适当疏去一部分，以改善葡萄果穗周边的光照条件。

5 病虫害防治

红提葡萄极易感染葡萄真菌性病害。在设施延后栽培中，覆膜后日光温室内湿度大、通风差，容易发生病害。除通过控制灌水、及时通风、降低棚内空气湿度和加强夏剪，减少枝叶密度等降低发病的环境条件外，特别要注意利用保护剂预防病害。发病时，根据发病症状准确识别，在发病初期进行针对性防治。

6 日光温室延后栽培红地球葡萄标准

外在品质：美观的穗形、艳丽的色泽、大小适中的果穗、整齐而较大的果粒。

色泽：水红、鲜红、大红为上。穗重：700～800克、单粒重13克以上。内在品质：嗜口性、营养性、安全卫生符合行业标准。

采收指标：可溶性固形物含量20%以上。

7 产期控制

甘肃河西走廊日光温室延后栽培的红地球葡萄根据海拔高度，主要采用前期延缓发芽、中期露地控制生长、后期设施综合调控等技术，将产期控制在12月中旬到翌年2月。

甘肃省牧草产业现状及其技术需求

师尚礼* 曹文侠**

1 甘肃省牧草产业现状

1.1 人工种草与牧草生产基地建设奠定甘肃草业大省地位

甘肃省确立的建设草业大省的战略，推动了人工种草与牧草生产基地建设的步伐，人工草地的面积逐年扩大，农牧民种草的积极性越来越高，技术有所改进，牧草产业有了较大发展。到2007年底，全省人工种草留床面积达到113.5万公顷，仅次于内蒙古，位居全国第二；豆科牧草75.8万公顷，其中紫花苜蓿52.9万公顷，占全国种植面积的1/3，一直居全国第一位；禾本科14万公顷。近两年，在退耕还林还草补助政策的带动下，甘肃省种草规模每年基本稳定在30万公顷左右，优良高产牧草品种比例不断增加，且种植面积向比较效益突出的优势区域集中，规模种草基地面积增至33万公顷，种草与养畜结合日益紧密。在定西、庆阳等地已形成了较为明显的牧草优势产业区和产业带，华池、环县等县苜蓿留床面积超过100万亩。以岷县、通渭为主的定西南部地区特色草产业蓬勃发展，目前已建成红三叶、猫尾草原料基地3.1万亩，建成年加工20万吨的生产线。通渭、安定的红豆草、苜蓿生产加工基地发展迅速，种子、牧草、生物制品原料等多极产品加工格局呈现，形成了从种植、加工、营销一体化发展的势头，成为定西南部山区农业结构调整和农民增收的重要支柱产业。

1.2 特色牧草产业发展势头强劲

定西南部地区特别是岷县特色草产业的产业化基础不断夯实，岷县已建成红三叶加工企业3家和3个草业协会，示范推广岷山红三叶和猫尾草2.19万亩，留床面积稳定在3.4万亩，累计种植面积达4.5万亩，由于岷山红三叶药、草兼用功能的开发及其产品的良好市场效益，农民的种植积极性格外高涨，已经形成了从种植、种子生产到草产品加工的产业化格局。特色牧草种植已辐射到南部地区的漳县、渭源、卓尼、成县等县的20多个乡镇，群众种草积极性有所增强，发展形势十分看好，成为高寒山区群众致富奔小康的新途径。红豆草在甘肃省的种植也在不断增加，留床面积达到30多万亩。

---

* 师尚礼，博士，甘肃农业大学教授，博士生导师。

** 曹文侠，博士，甘肃农业大学副教授，硕士生导师。

1.3 牧草种子基地专业化格局基本形成

全省建成种子基地面积达到22万亩，年产各类优质牧草种子1.06万吨。目前，全省牧草良种覆盖率达到50%左右，优势产区达到80%以上。陇东紫花苜蓿、甘肃红豆草、甘南垂穗披碱草和岷山红三叶、岷山猫尾草等当家优质牧草已经形成了专业化生产和销售。河西走廊逐步形成耐旱牧草繁育基地，甘南为耐寒牧草繁育基地，中东部为陇东紫花苜蓿繁育基地，岷县的红三叶基地，通渭的红豆草基地已基本成型，兰州市和周边地区形成了种子加工销售市场。

1.4 以苜蓿为主体的草产品加工业，机遇与挑战并存

从四川大业集团落户甘肃省投资加工苜蓿草产品开始，不到十年时间，年加工草产品能力达到万吨以上的企业已经有20余家。牧草种植规模化程度不断提高，在酒泉、张掖、金昌、白银、庆阳等地形成较为明显的优势产业区。张掖市由3家龙头企业建成了年加工能力35万吨的草产品生产线。草产业效益稳中有增。

河西地区由于气候条件和土地资源适合发展规模化的苜蓿草产业，成为甘肃率先发展起来的草产业基地。但近两年在草产品需求趋旺的同时，因缺少草产业扶持政策和措施，加上粮食直补政策等原因使制种玉米、马铃薯和棉花等比较效益明显提高，农户苜蓿种植面积萎缩，牧草产业的重心从区位上看，有从河西向河东转移的趋势，从产业方向上看有从草产品加工为主型向草畜转化型的方向发展的趋势。

2 牧草产业发展亟需解决的核心问题

2.1 优质高产牧草新品种选育与选择搭配

2.1.1 牧草育种亟待加强的共性研究工作

(1)牧草种质资源的保护与利用技术开发。牧草种质资源搜集、保存、评价和鉴定技术，生物技术在种质资源鉴定方面的应用，重点草种的遗传多样性、核心种质研究，优异种质评价筛选及繁殖利用技术开发等方面急需加强。

(2)建立良种繁育体系。当前我国牧草产业化发展很快，需要大量优良品种的高质量种子，而优良新品种在推广时面临许多问题，如良种种子生产区域的选择、隔离条件、田间管理条件、种性混杂、种子贮藏、运输等问题。应建立牧草良种繁育专项资金，建立良种繁育场，充分发挥育种者的成果优势、经营者的市场优势和推广者的技术优势，尽快把牧草优良品种转化为现实生产力。

(3)培育抗逆性和抗病虫牧草新品种。西北地区干旱少雨，盐碱地多，病虫害多，应在高产优质的前提下，抗盐碱、抗寒、抗旱、抗风沙、抗病虫等作为牧草、饲料作物的重要育种目标，培育抗病虫害和抗逆性强的新品种。

2.1.2　黄土高原甘肃区域优质高产牧草新品种选育与选择搭配

黄土高原甘肃区域位于天水、平凉、庆阳、定西、兰州、临夏等6个州市，是甘肃省典型草原的中心地带，具有典型的过渡特征和农牧结合特点，也是退耕还草禁牧的重点区域。根据本地区优势产业发展布局，对优良牧草的需求主要以优质高产型豆科为主，优质高产紫花苜蓿品种为主要需求对象，其次为粮饲兼用型玉米以及适合复种的抗逆性强的豆科及禾本科牧草品种，还有适合青饲的多汁饲料品种。

本区栽培牧草主要以耕地或沟坡地种植陇东紫花苜蓿为主。但长期以来，种子生产中草田与种子田同田，管理粗放，种子质量下降，缺乏对陇东紫花苜蓿品种的选育复壮工作，品种退化严重，急需对陇东紫花苜蓿品种的抗旱、高产、高消化率等性状进行复壮和改良。

当地传统习惯认为：牛喜食高粱，马、骡、羊等喜食燕麦，对一年生草高粱和燕麦的种植管理较为重视。但适宜于干旱半干旱区的高产优质甜高粱和燕麦品种，饲用价值高的饲用玉米品种的培育也十分需要。还需要培育适于黄土高原耕作制度和气候条件的套种、混播和倒茬的其他抗旱型豆科和禾本科草，增加了饲草的多样性。

干旱区苜蓿与其他牧草或农作物间套轮作配置技术需求较大，如与小根作物（胡麻、扁豆等）套种与带种和播种技术。目前退耕还草地，只以苜蓿为主，牧草品种单一，如何持续有效地发挥生态效益，苜蓿与其他牧草的搭配、以及与乔灌木的配置技术需求也显得十分迫切。

2.1.3　青藏高原东部高寒牧区优质高产牧草新品种选育与选择搭配

甘南州位于青藏高原东部边缘高寒区，具有青藏高原牧区和农牧过渡带的典型代表性，由于生态区气候条件的制约，引进的优质高产品种在该区很难适应，优良特性难以体现。

急需选育驯化适合海拔3000米以上高海拔地区种植、越冬率高的苜蓿或其他优质高产豆科牧草品种。红豆草抗寒能力相对较强，发展潜力较大，但适口性一般，宜培育高产抗寒、适口性好的红豆草品种，并与紫花苜蓿组成合理稳定的混播人工草地，相应适合高寒地区苜蓿与红豆草混播比例与播种方式等混播技术需要试验研究。

燕麦是该区域的传统种植的一年生禾本科牧草，也是当地家畜冷季补饲的主要饲草，但当地地方品种产量严重偏低，急需筛选培育适应青藏高原东部边缘区域的高产、优质、抗寒、抗病虫害的燕麦品种。

天然草原补播改良任务艰巨，有很多适应青藏高原地区气候条件、表现良好的野生饲用植物，如披碱草、中华羊茅、花苜蓿、米口袋、歪头菜、野豌豆等，但可用于天然草原补播的优质禾本科和豆科补播草种缺乏，因此急需开展筛选、驯化、繁育环节中的一些关键技术研究，解决草地改良培育牧草品种单一、生态稳定性差，牧草营养结构不平衡的问题。

青藏高原东部边缘半农半牧区粮草轮作技术，粮-草互补-畜肥生态模式、草田轮作倒茬、肥田互补机制还需深入系统研究。

2.1.4 甘肃南部冷凉区优质特色牧草新品种选育

以岷县为代表的甘肃南部特色牧草岷山红三叶和岷山猫尾草推广种植和产业化开发取得显著成效，初步实现了特色优势草种的产业化。岷县目前种植的良种牧草主要是多年生的岷山红三叶、岷山猫尾草、藕草、红豆草、紫花苜蓿和一年生燕麦、豌豆。主要技术需求为优势品种岷山红三叶和岷山猫尾草的提纯复壮和改良以解决产量、品质问题；通过驯化选育和种子处理技术攻关，解决藕草发芽率低的问题；筛选培育高产、抗寒、种子能成熟的红豆草和紫花苜蓿品种；立足于国内外引进的高产、抗寒、抗病虫害的紫花苜蓿和燕麦等牧草品种，以改善当地良种结构。

2.1.5 河西走廊荒漠绿洲区牧草新品种选育技术与选择搭配

河西走廊地区是国内紫花苜蓿种植面积大，规模化程度高、草产业化水平高的地区，在酒泉、张掖、金昌和武威等地形成了较为明显的优势产业区。由于国家农业发展的导向，河西走廊地区已逐渐发展成为全国重要的制种基地。

苜蓿草产品应立足于优质牧草高产苜蓿品种和优质种子高产苜蓿品种开发，主要需求是选育快生型、大叶型、抗寒的苜蓿品种和高产高蛋白质苜蓿品种。

对苜蓿种子高产品种需求迫切。同时，研究种子田隔离技术和授粉技术，解决蜜蜂授粉效果差，花期落花落果率高及种子收获率低的问题。规范化的种子生产、种子收获、贮藏、加工规程的制定，提高牧草种籽产量，以及种子生产基地建设与管理运行机制也是亟待解决的问题。

2.2 人工草地建植与田间管理

甘南州高寒地区种植燕麦历史悠久，主要用于调制青干草作为冬春补饲，相应的栽培技术比较成熟，管理较为精细。

自 2000 年以来成功引种筛选并推广阿尔岗金、苜蓿王、金皇后和巨人 201 等紫花苜蓿品种，面积逐年扩大，但相应的高海拔种植管理技术还很欠缺，从种植、施肥、适时收获、干燥，到越冬管理等方面的技术服务滞后，严重影响着优质牧草的生产，急需解决适宜该区域苜蓿等牧草的草地建植与田间管理技术及收获、干燥、加工技术。

甘南高寒地区苜蓿与红豆草草地第一茬收获期为 6 月中下旬，正逢雨季，如何调整收获期，或开发干燥技术，以保证收获高质量豆科牧草，并获得理想的产量和收益，也是亟待解决的技术难题。苜蓿与红豆草混播比例、管理技术、利用方式等仍需进一步试验研究。

甘肃天然草原改良和人工种草生产中的草种选择与组合搭配，既是天然草地畜牧生产的关键性问题，也是事关环境治理与生态安全的大课题。

黄土高原农牧交错区退耕还草地、退牧还草地退化演替，杂草增加，出现苜蓿成片死亡等现象。由于长期以来“重畜轻草”、“杂草也是草”等粗放管理思想的影响，牧草生产的科技投入少等原因，直接影响着牧草的质量和生态效益的发挥。应积极建立科学有效的种植管理技术措施，及时总结，形成一套适应该地区条件的技术标准或规程。

河西走廊地区也急需沙生植被的建植与管理技术。如沙蒿、沙拐枣、柠条和梭梭等在人工播种和管理条件下,优于天然群落,提高了生态功能,寻求维持群落密度和生态功能与降低管理成本费用之间的平衡点也是技术需求之一。

2.3　牧草病、虫、鼠、毒草害高效防治

退耕还草地、退牧还草地及高产商品草苜蓿基地根腐病严重,白粉病、苜蓿象甲类、苜蓿籽蜂、蚜虫、潜夜蝇、蓟马等虫害严重,危害面积大,防治困难。急需生态安全、经济有效的防治技术。

苜蓿等人工草地杂草防除困难,尤其是随着苜蓿生长年份的延长,该问题更趋严重,因此需要寻求高效防除杂草技术。

退耕还草地、退牧还草地大多数以种植苜蓿、红豆草为主,其根系鼢鼠喜食,2～3年后,鼢鼠成灾,草地被严重破坏,防除成为关键。

甘南高寒牧区新建苜蓿人工草地鼠害也十分严重,鼠丘密集,严重制约着优质牧草的推广与效益的提升,因此青藏高原东部边缘苜蓿草地鼠害防治技术成为牧草产业向该区推进的极大障碍。同时,苜蓿鼠害导致的“鼠荒地”的治理与改良技术需求十分紧迫。

对天然草原毒草的生态功能如何认识,开发专一性、生态安全,牧区人民接受的除草剂十分迫切;如何在天然草原规范使用农药,开发生物源农药与资源保护之间的矛盾如何解决等一系列的问题亟待解决。同样也急需出台相应的天然草地毒害草防治标准与技术规程。对狼毒、黄帚橐吾、棘豆主要毒草的专项防治与利用技术开发是天然草原管理工作的难题。

对优良牧草严重退化而演替形成以毒草为主的草地,毒草灭除势必带来严重的生态破坏,能否划区保留毒草区,在防止蔓延的条件下以纯粹发挥其生态效益而放弃经济效益,是目前亟待讨论的问题。

2.4　牧草收获加工贮藏

黄土高原农牧交错区结合退耕还林还草,苜蓿的种植面积增长较快,仅靠当地家畜难以完全转化,较偏远的农村,饲草富裕,陈草积压严重,干草露天堆放,日晒雨淋营养损失严重,部分霉变发灰发黑,质量变劣,且由于交通不便,缺少初加工的技术与机具,也没有良好的草畜转化机制。还由于生产管理手段、收获技术落后等原因,导致草品质差,价格低廉,销路不畅。山区无规模较大的专业养殖户,小农户种植牧草多以体质较差和文化水平较低的劳动力进行生产,强壮劳动力被组织进行劳务输出,因此适合黄土高原丘陵沟壑区小农户的收获加工技术、设备和牧草生产模式值得研究。小农户按传统习惯在成熟期或农闲时才收获牧草,导致最佳刈割期过期,产量和营养价值均下降,且多不重视经济成本的核算,也无改进生产方式的主动性。为了促进牧草产业的发展,干旱区牧草收割频率、最佳收获时期、调制、堆垛、贮藏条件(水分),以及草粉、草捆简单加工与牧草质量控制技术急需探讨。

全省干旱区推广玉米全膜覆盖种植技术后,收获籽实后的玉米秸秆积压,到处堆放,影响农村环境等问题突出,急需玉米秸秆高效利用或转化技术(生物质能源利用技术、循环农业技术等)。苜蓿的青贮相对于美国等草产业发达国家,比重也严重偏小,如何利用丰富的秸秆资源,开展苜蓿、燕麦、玉米、高粱等饲草的青贮裹包,技术需求也十分紧迫。而利用苜蓿、玉米、燕麦、菊芋、胡麻等牧草及作物秸秆资源生产家畜的配合饲料则是最有潜力的技术研发项目。马铃薯的茎杆就地加工与利用技术,马铃薯粉渣干燥工艺与饲用技术,燕麦商品草加工技术等都有不同程度的需求。

2.5 草产品质量安全检测与控制

在传统牧区和农牧交错区,以及一些小型牧草加工企业,对草产品饲用价值快速测定、草产品农药残留与重金属含量检测技术等草产品质量安全生产的认识仍不到位,加工控制技术普遍缺失,即使草产品质量与价格有着必然联系,但小农户或小型加工企业均显得无能为力。为了牧草行业的健康有序发展,草产品质量检测标准和规程的制定与完善显得十分需要。

2.6 新型实用牧草机械研制

急需研发的牧草机械如下:1)研制适用于丘陵沟壑区山坡地的牧草快速打捆(可流动打捆作业)的小型设备,以降低运输成本。2)研发中小型山地牧草收割机、手持或背覆式(现多以改装背覆式草坪修剪机)的小型便携式牧草收割机,以克服山坡地、不连片的交通条件。3)小粒牧草种子脱粒机和播种机缺乏,为方便岷山红三叶、岷山猫尾草等的生产、收获和加工,小粒型牧草种子脱粒机和播种机亟待研发。4)岷山红三叶异黄酮提取设备、大型烘干打捆、制粒、制块机械研制,以加快岷山红三叶产业的发展。5)岷山猫尾草全草烘干打捆、鲜草保鲜技术及相应加工设备,岷山猫尾草系列草产品研发与加工技术开发研制。

2.7 牧草产业政策与技术经济

(1)加强草产业发展扶持政策研究。1)由于种粮财政补贴增加,种草比较效益下降,农民弃草种粮,引发生态脆弱区生态功能下降。应探索给予种植多年生优质牧草的农户一定的补助。2)探索推动优良牧草产业培育的创新机制,论证确立持续有效的资金投入和专门部门、建立育草基金的可行性。3)给草产品加工企业投入一定的启动建设资金,并减免税收,对交通过路费、路桥费给予适当减免,降低牧草的运输成本,注重小型牧草加工企业的扶持,灵活应对,化解市场风险,寻求小型牧草加工企业合理的生存空间。4)牧草生产种子基地设立牧草良种补贴政策、牧草机具纳入政府农机补助目录,注重小农户生产模式,对小农户购买小型青贮机械、小型牧草加工点设备和简易贮草棚建设等的资助。5)开展草产业保险工作,建立种草户及草产业生产加工企业的风险补偿机制。

(2)研究建立和实行草原生态补偿的机制与对策。1)对长江、黄河流域涉及生态安全

的地区，国家应建立生态补偿机制，设立专项资金纳入国家财政预算，建立天然草原“三化”草地综合治理和保护基金。2)高度重视荒漠地区沙草产业的生态经济功能，加大对沙草产业的投资力度，实施沙草产业的生态补偿政策。3)论证建立草畜平衡补偿专项资金，以鼓励和扶持群众保护草原的可行性。

(3)农牧互补机制的创新研究。农牧互补机制，繁育与育肥面临的新问题，草料运输成本、舍饲问题、家畜习性改变(如藏系家畜习惯于放牧，不易舍饲)问题。

(4)草产业试验研究与示范基地建设及运行模式。在有代表性的纯牧区天然草原和半农半牧区、农区人工草地建设区建立标准示范基地，就牧草丰产品种、栽培技术、优质青干草的调制，适宜草产品的加工、贮藏与利用，加工设备和机械化配套、生产模式、运行机制、管理模式等关键问题进行研究和示范、探索，以适应市场变化的要求并加速技术与成果的转化推广。

第六次产业革命和草业大发展会促进中华民族腾飞

胡跃高*

1 草业理论的基本背景与重大意义

从历史的观点来看，草业理论的出现不是偶然的。钱学森草业理论首先是与钱学森本人的历史联系在一起的。1955年后，钱学森全身心投入中国航天事业，克服重重困难，从人才培养、机构设置、基础设施建设、系统组织管理、工程实施等方面全方位入手，主导建立跻身世界先进水平、强大的中国航天工业体系。1978年以后，钱学森理论创新进入全盛时期，涉猎范围逐步扩大到了整个自然、社会、经济系统。1978年出席全国科学大会，发表《组织管理的技术——系统工程》一文；1979年出版《军事系统工程》；1982年出版《论系统工程》；1983年发表思维科学的奠基性文献《关于思维科学》；1984年发表《关于技术革命的若干基本认识问题》。到1984年草业理论形成之前，钱学森已经对社会经济作了大量的理论研究与探讨，形成了坚实的理论基础。这正是草业理论发表后不长时间，就得到草业界广泛认同的基本原因。正确的理论源于对客观事物系统、全面、准确的认识。草业理论的出现是有五千年文明的中华民族，在经历1840年以来民族屈辱之后，奋起学习，接受并发展了现代最先进科学技术理论与长期社会实践后形成的系统科学的思想产物。

草业建设是我国国民经济建设中时代发展的必然要求。人们把社会经济形态发生巨大飞跃的过程称为产业革命，草业建设的出现属于产业革命性质的东西。迄今为止的世界产业革命共分为6次。第一次为农业牧业的出现，发生在1万年前；第二次为商品生产的出现，约在3000年前；第三次为大工厂的出现，发生在18世纪末的英国；第四次产业革命是更大规模的、国家性的以至于跨国的、全世界性托拉斯式的产业体系的建立，发生在19世纪末20世纪初；第五次产业革命的核心是信息革命；第六次产业革命是以生物技术为基础的农业型的知识密集产业建设。1984年12月，在中国农业科学院第二届学术委员会会议上所作的报告中，钱学森进一步指出："第六次产业革命就是建立农业型的知识密集型产业。""农业型的知识密集型产业可分五类。""第一类农业产业，以种植粮食作物和经济作物为基础……第二类是林业，不光是种树，而是又一类农业型的知识密集产业……第三类是草业产业，是草原经营的生产……第四类农业型的知识密集产业是海业产业，是利用海洋滩涂的产业……第五类，沙业产业。"

需要认识的客观事实是，直到1978年之前，我国只基本完成了第三次产业革命建设。

* 胡跃高，中国农业大学教授。

改革开放以来相当长一段时间，我国是在补第三次产业革命的课，同时启动第四次产业革命。2001年加入世界贸易组织，标志着我国工业大规模、全国性、全球性产业体系建设的开始。与此同时，我国遭遇世界工业化国家第五次产业革命浪潮的到来及第六次产业革命的启动。从产业革命角度讲，我们今天所处的时代是一个同时遭遇第三、四、五、六次，共四次产业革命，充满机遇、充满挑战、飞跃式发展的时代。处在这样一个时代，我们一要完成第四次产业革命任务，解决城市发展不平衡问题；二要推动第五次产业革命迅速发展，解决城乡差别问题；三要迎接第六次产业革命，消灭脑力劳动与体力劳动差别。这是一个以分子、比特、纳米、道琼斯指数为度量的社会，由于信息化技术、生物技术的全面发展，这一时期任何细微的变化，都将通过有形或无形的途径，最终产生全局性影响，形成作用与反作用。处于这样一种系统状态之下任何产业性质的开发，都应当是先有理论指导，再有准确行动，先有战略布局，再有战略实施。这就是我国草业建设面临的大背景。

草业概念是从地理学基本单元结构出发形成的。我国北方有草原面积43亿亩，南方有草山草坡10亿亩，另外有各类边缘性资源7亿亩。分别占陆地国土面积的30%，7%，5%。全部草业就是以此约42%的国土及其附属资源、生产等为资源基础的产业。我国历史上的农业概念始终是以耕地及其活动为资源基础范畴的，草业意义上的东西及其产业仅具有社会安全价值或副业价值。草业重要到必须进入到农业范畴进行工程建设是时代发展到今天的必然结果。第一，我国耕地资源内部潜力开发与人口增加关系已经长期处于胶着状态，考虑到经济发展继续蚕食耕地、农业光能利用技术无革命性突破，这种沉闷的关系将可能长期持续下去。这意味着要大幅度提高生产、经济水平，必须另辟蹊径；第二，由于常规意义上的粮食问题基本解决，全部农业问题的主要矛盾在由以社会效益为主转变为以经济效益为主之后，目前正在向以生态效益为主、兼顾经济效益方向发展，全部地理载体上的整个生物产业成为实现农业生态功能的基本范畴，由于草业范畴占整个国土面积的42%，是国家全部生态资源背景安全必需的成分，必然延伸成为新的农业内容；第三，由于社会生产力水平提高、社会生产技术总量海量增长，草业资源与耕地资源、林地资源、水源、能源工矿资源、人口及社会经济系统的广泛关联性，使绝大部分草业资源成为各种社会活动的"唐僧肉"、"陪嫁品"。20多年的快速发展，使草业资源已经千疮百孔，破败不堪，荒漠化、沙尘暴屡屡爆发，如果不在当代就从系统角度进行工程保护建设，整个珍贵的草业资源将极可能彻底毁坏，成为中华民族灾难的渊源。1984年钱学森提出草业建设理论，也是在同一年我国草原开始实行承包责任制。20多年来的发展进一步证明了钱学森理论的正确性。尽快从全局高度实施草业工程建设是中华民族生存、崛起的需要。

2 21年来草业理论与实践进步

过去的21年是我国草业不断加速发展的时代。

受钱学森草业思想直接影响，李毓堂、任继周等人带头研究，之后草原科学领域更多的专家参加进来，再后来诸如农学界刘巽浩、石元春的大声疾呼。这一时期的主要理论认

识进步主要有:关于农区草业、牧区草业的区域划分,农区草业建设以经济效益为主要目标、牧区草业建设以生态效益为主要目标的认识;关于西部开发以草业建设为主、林业为辅的认识;关于草业建设多成分性、多层次性的认识;关于草业建设十大工程的认识;关于草业工程建设中同时进行管理系统、产业系统、科教系统建设的认识;关于我国未来将走节粮型动物业道路的认识;关于我国未来饲料生产的基本道路为自力更生,走精饲料、秸秆饲料、绿色饲料三结合道路,绿色饲料产业将异军突起的认识;关于我国苜蓿产业作为绿色饲料产业先锋产业的认识;关于知识密集型苜蓿产业建设基本结构划分为技术结构部分、管理结构部分两部分 8 项内容的认识,等等。草业思想逐步扩大到科技界、管理部门、企业界,形成广泛社会影响,成为这一时期草业建设实践进步的基础。

2002 年经国务院批准正式成立局级事业单位——国家草原监理中心,这是我国草业管理体系建设的重要进步。2002 年 12 月 28 日第九届全国人大常委会第 31 次会议修订通过《中华人民共和国草原法》,同年国务院发布国发〔2002〕19 号文件《国务院关于加强草原保护与建设的若干意见》,标志着国家对草原建设的重视与草原法制管理的进步。到 2004 年已有 24 个大学开设草业专业、系或院。全国已经形成在东北师范大学、内蒙古农业大学、甘肃农业大学、南京农业大学、北京林业大学、中国农业大学、中国农科院等校草业专科、本科、硕士、博士培养学科门类基本齐备、教育与研究力量较强的草业建设人才培养体系。从品种培育、栽培技术、加工机械等方面的一大批科技成果成型,广泛应用于草业生产领域。我国已经初步建立草坪产业体系、苜蓿产业体系以及其他饲草产业体系,以草生物产品提取物为目标的高新技术草产业体系在甘草、草木贼、苜蓿、月见草、菊芋、苦参、黄姜、肉苁蓉、黄芪等方面逐步发展,已经形成一定规模,等等。我国草业建设的序幕已经拉开。

3 当前我国草业工程建设的基本任务

20 多年来,我国草业系统建设从无到有,取得了巨大进步。但着眼未来,由于历史欠账较多,基础设施落后,今天的草业建设形势依然十分严峻。概括起来,当前我国草业工程建设方面的基本任务包括主要以下 4 个方面:

(1)深入进行草业工程建设的理论探索与宣传普及,用于指导建设实践及创造良好的社会氛围。迄今为止,我国全社会统一认同的草业概念尚未建立、普及,草业建设仍然处于先进与落后并存、理论思想不清晰状态。因此,草业建设的基础力量总和仍然相当弱小。没有先进的理论,便没有决然的行动。观念的问题、认识的问题、思想方式的问题是重要问题。未来建设中需要解决的紧迫的理论问题是:我国草业基础资源状况普查与开发研究,国家草业重要性研究,国家草业与其他产业关系与草业建设机理、机制研究,草业建设战略目标、布局、阶段、方针、优先发展领域研究,草业工程建设结构、功能研究,知识密集型草业工程技术体系研究,等等。

(2)推动科学的草业管理决策机构体系建设的完成。完整的草业工程体系包括管理体系、科教体系、生产体系三部分。由于对基本形势认识不统一,理论问题不清,我国不同

草业管理部门间、部门内部不同方面、不同层次管理者之间关于草业建设意见不一致，各部门、各级管理决策部门草业建设职权观念不明确，从而严重影响草业建设决策质量。与此同时，因各部门分割管理，各职能机构科学合理的决策执行协调机制尚未建立，在执行决策过程中“经验主义”、“形式主义”、“教条主义”、“感觉主义”等非理性、非科学行为盛行，导致执行效果不良，管理机构与社会、民众之间的关系为单纯的行政管理关系，社区组织、非政府组织、民众管理缺乏活力，全民草业建设体系尚未建立、机制缺乏。没有结构，便没有功能。未来建设要从系统角度着眼，结合实际，适当变通，完成各结构部分组建与功能配置，理顺彼此关系与系统运作机制，使整个草业工程建设建立在科学理论指导与科学体系管理之下，推动草业健康向前发展。

(3)用现代技术武装草业工程，建设技术密集型产业体系。当今世界处于知识经济时代，学科间相互渗透，大量新知识、新技术如同江河湖海，奔涌激荡，处于这一时期的草业建设的技术密集化是必然趋势；我国农业系统是高度集约的系统，新兴草业要嵌入到现有农业系统，就必须首先实现自身的高度集约化，即知识密集化与技术密集化；我国草业建设形势异常复杂、任务巨大、时机紧迫，要应付如此复杂的建设局面，必须进行跨学科、跨部门、跨地域的协作，建设技术密集的草产业。上述三方面情况共同决定了我们必须建设知识密集与技术密集型草业体系。目前我国的草业技术基础还比较薄弱，针对中国不同类型区、不同行政区域级别、不同资源类型草业建设，确实有效、经济合理、可以成建制实施、长期有效的草业工程建设技术体系尚未形成。多数情况下存在上游技术与下游技术不配套，不同资源类型技术不配套，前一阶段与后一阶段技术不配套，技术创新与技术推广不配套、技术执行与技术监督不配套、技术发展与技术应用不配套等一系列问题，从而使不同类型区间、不同行政区域级别间、不同资源类型间现实的社会建设与生产发展中技术体系与草业建设目标间依然存在矛盾，有时甚至是严重对立的矛盾。整个草业建设基本处于技术贫乏状态。着眼于知识密集与技术密集型草业建设目标，要适时成立虚拟国家草业工程科学院，科教体系内部要利用现有基础设施，开拓创新，协同发展。与此同时要注意向友邻学科虚心学习，总结他们的成功经验，创造性地用于中国实践，支持草业工程建设发展。

(4)注意草业建设工程体系成分、层次分类建设，健全运作标准，完备立项论证监督管理体系，使生产体系处于良好运作状态。由于部门分割，未来草业建设涉及发改委、财政、农业、林业、国土资源、水利、环保、教育、妇女、共青团、宣传、工业、科技、民族事务、文化、旅游、交通、能源、电力等部门多达数十个。由于各自权力分散，传统上往往造成生产领域多真空地带，表现为企业立项建设、工程立项建设随意性大，科学性低，建设标准落后或阙如，监督管理失控，几乎每一项工程建设均存在问题，从而在整体上导致整个草业建设水平低、成功者少、成功后能长期维持者更少的局面。衡量草业建设是否取得进步的最终标准能不能推进草业建设实践。未来建设分为内外两部分。对内要认认真真完成草业工程体系成分、层次建设，迅速健全各类运作标准，完备所有建设内容立项论证监督管理体系，保证生产体系有条不紊，良好运作；对外主动协调每项工程涉及部门，积极共建，创造良好

建设氛围，形成草业工程建设蒸蒸日上，运转科学合理，整个系统生机勃勃，全社会人人关心与支持建设，在国民经济中功能显赫、地位稳固，与其他各业高度和谐、协调发展，充满无限发展潜力的建设局面。

不在科学建设中奋起，便在麻痹状态中消亡。我国草业建设正处于生死存亡的关键时期，唯有奋起建设，才有生存道路。如果把整个草业未来建设作为一个完整的机体建设的话，四项建设任务中理论问题与思想观念建设是灵魂基础，不研究战略问题，丧魂落魄，软弱无力；管理体系与机构建设为躯体主干，机构不健全，缺胳膊少腿，自顾不暇，没有战斗力；科教体系建设为神经系统、血液循环系统，科教不发展，犹闭耳塞目无知，高度营养不良，虚弱且愚昧；生产体系则为肌体建筑，肌体发育不全或发展不均衡，外形残缺不全、畸形怪状，难以有健康的生产力。四者之间相互联系，相互促进，互为表里。未来发展中必须均衡建设，以推动整个草业工程建设健康发展。

4 迎接草业的腾飞和第六次产业革命的到来

从第六次产业革命着眼来认识农业发展，我国的农业具有基础相当薄弱与发展潜力无限宏大的两面性。我国农业基础薄弱性特征为：农业地位没有彻底确立，农业生产发展目标尚未完全确定，农业管理体系分化不完善，管理形式与机制落后，农业科学化程度低，科教体系尚未完整建立，生产体系建设不完备，人的定位问题没有解决等等。我国农业发展潜力巨大表现在：我国有 5000 年农业文明史，而中华文明具有强大生命力；我国有近 10 亿人最终只能从事农业生产，实现农业现代化是中国唯一的出路；我们正处于信息时代与生物时代，中华文明接纳信息技术、生物技术的积极性与能力巨大；中国农业在历史正处于将传统农业、现代农业、全球农业及新型农业技术完成组装的最佳位置等等。持续不断地克服薄弱性，开拓发展，变潜力因素为现实因素，是我们努力的基本方向。

5 结 语

21 年前，当钱学森提出草业论述的时候，有多少人能够料想到今天的草业建设局面。草业由预见到崛起这一事实证明，历史是在以自己的道路开拓前进的，处在具体时代的人如果真称得上是历史人物的话，是可以预见未来的，无论他是或不是“专家”。半个多世纪以来的实践证明，钱学森的旗帜是人类历史上行动的旗帜，战斗的旗帜，胜利的旗帜。在这一理论指导下的草业既然能够由一棵微幼的种子在艰难困苦条件下历经风雨，顽强生长起来，成为今天的一棵幼苗，草产业建设的序幕既然已经用了 20 年之久的时间最终拉开，等待我们的将只能是草业的腾飞、农业现代化的实现、第六次产业革命成功、中华民族现代化了。从这个意义上讲，草产业、沙产业、海产业确如中华民族发展史、人类发展史上另外一种意义上的“两弹一星”。让我们同心努力，用历史发展的事实来纪念钱学森的草业思想与理论吧！

甘肃内陆河流域咸水资源及其发展现代咸水农业的设想

高前兆* 王双合 宋怀龙

甘肃省是我国水资源贫乏的省份之一，人均水资源少于1200立方米，不到全国平均水平的一半。尤其在河西内陆河流域，除了祁连山区受高山较多的降水和冰川融水影响，形成的水资源相对比较丰富外，平原地区一方面降水稀少，蒸发强烈，水资源天然补给匮乏，加上河川径流约有70%集中在汛期，春季水资源分布较少，农业用水经常出现"卡脖子"旱；另一方面，河西走廊绿洲农业经过历史时期的长期开发利用，已具有相当规模，现今几乎80%以上的地表水资源，已经被农业灌溉所利用。由于河西走廊为一系列地下水盆地组成，受水文地质条件影响，地表水与地下水转化频繁，受强烈蒸发浓缩影响，形成一部分地下咸水和湖泊咸水。尽管地表水资源利用，已经出现了上下游、工农业、经济用水与生态用水的尖锐矛盾，也亮出了像石羊河下游的民勤绿洲遭受干枯、逐步变为我国第二个罗布泊的威胁，经受沙漠化和沙尘暴的严重侵袭；黑河下游也威胁到额济纳绿洲的生存，要求按照国家分水方案保障从上游泄放地表水资源，来恢复下游天然绿洲，防御并减缓蒙古高压下的沙漠化发展和沙尘暴肆虐；疏勒河下游也同样遭受下游天然绿洲萎缩和沙漠化侵袭。然而，在淡水资源紧缺的情况下，需要充分利用现有的劣质水资源，如地表和地下咸水资源，并作为一种资源来重视开发利用。

1 河西走廊地下水水资源与咸水的分布

根据2001年"全国地下水资源评价"，按各种补给参数计算补给量，并采用水均衡法，分别计算降水入渗、洪水入渗、河道入渗、渠系与田间入渗、侧向径流等，进行地下水资源评价，得到河西走廊平原地区多年平均地下水天然补给量为55.13亿立方米，扣除重复计算量后为29.44亿立方米。由于受到地表水资源开发利用和水利化影响，盆地地下水的变化由受控于河道径流变化转变为受水利化的人为影响控制；由于修建水库，出山口河川径流的栏蓄，引水渠道的高标准衬砌，地下水补给量与上世纪70年代相比，张掖、昌马和武威盆地的地下水补给减少14.1%～23.6%，并以渠系、田间入渗逐步代替河道入渗，渠系入渗也在减少。地下水补给量减少已引起泉水溢出量的减少，泉水溢出带北移，也使补给下游北盆地的水资源减少和地下水位持续下降。

地表咸水和盐水湖主要分布在黑河流域的丰乐河至摆浪河等山前小河下游的明珠、

* 高前兆，中国科学院寒区旱区环境与工程研究所研究员。

盐池汇水盆地，在金塔一鼎新的积水洼地也有少量分布；在疏勒河下游西湖至月牙湖一带和昌马冲积扇西缘的桥子地区，以及石羊河流域下游白碱海至邓马营湖一带，基本都是在河流末端的洼地，或冲积扇缘的地下水汇集出流低地、河流末端，湖洼积水为经过河流上、中游反复利用后的余水，或经过地下径流汇集出流，呈溢出集积的明水，也有地下汇集于内陆河下游干三角洲边缘的洼地积水。目前随地下水开发利用程度提高，已逐渐萎缩或干枯，仅存少量积水，估计水面仅几平方公里，湖洼地积水量不到 0.5 亿立方米，而且年内变化剧烈，水质差异也较大。但是，在内陆河流下游地区目前仍保存有部分中小型平原水库数十座，库容约有 3.46 亿立方米，多属 1～2 克/升的微咸水类型，估计水量约达 3.0 亿立方米。

河西走廊地下咸水资源共有 20.29 亿立方米，按水质分，微咸水与咸水占 3/4。

2 咸水资源开发利用的现状

2.1 国外咸水资源开发利用

国外对咸水灌溉做过许多实验，在干旱半干旱地区对灌溉水的盐度一般认为：小于 1 克/升的水适用于所有农作物灌溉；1～3 克/升微咸水只要排水条件好，灌溉管理得当，可用来灌溉农作物取得较好收成；4～6 克/升，其中氯离子含量 1～3 克/升的水，若土壤冲洗、排水条件好，可以用来灌溉棉花、苜蓿、大麦，也可以灌溉水稻。如果土壤、水文地质条件好，并有专门的灌溉和冲洗条件的地块，可用矿化度 5 克/升以上水，甚至 10～15 克/升的高矿化水来灌溉，如荷兰、以色列等国在干旱区用咸水甚至卤水来灌溉，世界上有咸水灌溉史的国家有突尼斯、摩洛哥、阿尔及利亚、伊拉克、科威特和中亚等国家。

目前一些学者通过研究和试验认为：沙质土壤比粘质土壤适宜于咸水灌溉，这是因为沙土（粘粒含量小于 12.5%）经过咸水灌溉后，白天在高温下，在沙粒孔隙间产生水蒸气，随夜晚到早晨温度的降低，水汽便冷凝成水滴，这些淡水水滴可以直接为植物根部吸收利用，而残遗下来的盐分可被大量灌溉水洗走。而粘质土壤（粘粒在 50%以上）则因透水性、通气性差而不具备这些条件。同时沙质土地表干燥，进入土壤的水分容易渗入较深的土层，干燥沙土地表的毛细管被迅速切断，渗入土壤中的水分有 90%可以保持在土壤中。在干旱地区利用咸水进行灌溉多选用沙质土。

咸水的盐分评价一般认为：苏打水（Na_2CO_3）含量 1～2 克/升时，不宜灌溉。钠盐的毒性若以 Na_2SO_4 为 1，$NaHCO_3$ 和 $NaCl$ 的毒性为 3，而 Na_2CO_3 为 10。水中盐分以钠盐为主，容易引起盐碱化。若土壤中丰富的钙盐[$CaCO_3$ 或 $Ca(HCO_3)_2$]，则土壤中的钙有抑制氯化纳的毒性作用，土库曼斯坦在卡拉库姆运河引用含钙丰富的阿姆河水灌溉，可以促进土壤改良，防治盐碱化，并提高土壤的耐盐力。

2.2 国内咸水资源农业的利用

我国对咸水农业利用有悠久历史。由于咸水资源多分布在干旱沙漠与沙漠化、盐碱

地和沿海滩涂地区，咸水资源利用不仅采用土壤改良，如排水水利改良、翻沙放淤改造、增施有机肥改土、咸淡水交替灌溉等措施，而且还用种植水稻洗盐，改种耐盐作物如棉花、向日葵、大麦等，培育耐盐品种，采用种植苜蓿等饲草对土壤脱盐以改良土壤等，有条件的还采用表土刮盐、抽咸换淡、种植耐盐灌木除盐等措施改造盐碱地。各地针对不同土质条件和气候环境特点还发展了咸水灌溉技术，为我国沙漠化土地治理、盐碱地改良和咸水利用开辟了农业利用途径。

(1)黄土高原的苦水利用。银南山区枯水总面积为4.92万平方公里，3克/升苦水占22%，3～5克/升水占49%，5～20克/升水占16.5%，银北地区直接采用5～7克/升水直接灌溉小麦、牧草(苜蓿、草木樨、沙打旺、毛苕子、箭舌豌豆、山菠菜等)；甘肃会宁利用地下苦水3～10克/升灌溉已有40多年历史，浇灌韭菜、芹菜、包心菜、大麻、青稞等，灌溉大麦亩产超过250公斤。

(2)民勤地下咸水灌溉。民勤利用地下咸水灌溉，灌溉春小麦试验，地下咸水7克/升左右，水化学类型SO－Cl－Mg－Na型，每年储罐200立方米/亩，土壤盐分可降到作物生长适宜条件范围内，苗期配一次较大定额淡水(80立方米/亩)，土壤无积盐，基本保持年内平衡，产量175～200公斤/亩。春小麦、大麦可耐3～5克/升，沙打旺能在1.0%的盐碱地上生长，第二年可产鲜草2700公斤/亩，干草750公斤/亩；紫花苜蓿在0.8%～1.0%盐碱地上种植并出苗，第二年生长旺盛；山菠菜虽能耐盐抗旱，但主根入土较浅，对改良肥田作用不大；草木樨前期耐盐抗旱较差，后期增强，能在0.8%～1.0%土体上生长，宜与大麦、小麦套种，有肥田改土作用。盐碱地造林树种有沙枣、柽柳、枸杞、胡杨、白茨、黑酸茨、铃铛茨等8种，能耐0.7%～2.0%盐土，在保林成活后可用3～4克/升井水灌溉。

(3)塔里木沙漠公路地下咸水生物固沙。经过1994—1996年的塔克拉玛干沙漠腹地油田基地的防沙绿化先导试验，引进耐旱抗沙植物、绿化树种、农作物、蔬菜、牧草、花卉等上百个品种，直接利用沙漠沙和当地地下水，矿化度为4.2克/升的NaCl型咸水进行灌溉，经过观测和筛选试验，对不同品种的耐盐物种进行补充，耐盐植物种有柽柳、盐生木、盐穗木等，中等耐盐植物有梭梭、沙拐枣、榆树、沙枣、胡杨、罗布麻等，中等耐盐敏感植物有新疆杨、刺槐等。经过3年试验，筛选出了柽柳、梭梭、沙拐枣等几个耐盐固沙品种，这些品种已在油田基地绿化和沙漠公路防护林建设中推广应用，生长良好，为我国塔里木沙漠油田基地和沙漠公路防沙绿化起到了重要作用。

2.3 国内牲畜养殖饮用水与近期发展的咸水养殖业现状

(1)在干旱沙漠地区牲畜普遍饮用咸水。沙漠地区人饮用水以干枯残渣计，以2克/升为限。但对牲畜饮用水适当增加一些盐量有利于皮毛质量，并以矿化度在3克/升以下的为好水，3～5克/升为一般水，5～7克/升为允许饮用水，7～10克/升为春、夏季必要时饮用水，10～15克/升为秋、冬季必须要时饮用水；在我国沙漠地区以骆驼最耐旱，可饮用矿化度为9～15克/升的水。

(2)在甘肃景泰县用半咸水进行虹鳟鱼养殖。虹鳟鱼是一种名贵的鲑科鱼类，也是少

有的高级鱼类之一，甘肃省永登、永昌等地普遍养殖，面积大产量高，以淡水为主。景泰县养殖虹鳟鱼以半咸水为主，其品质优于淡水养殖的虹鳟鱼，具有以下特点：肉质鲜嫩、味美、无腥、无小骨刺、无需刮鳞、蛋白和脂肪含量高，胆固醇含量几乎等于零，是广大群众喜食的鱼类之一；其 EPA(20 碳五烯酸)含量高于其他鱼类数倍。EPA 能加速人的伤口愈合，对孕妇、老年人、幼童及手术后病患者的身体健康有极大帮助。景泰县半咸水养殖虹鳟鱼面积约 4000 平方米，每年可向社会提供半咸水商品虹鳟鱼 50 吨。

3 开展现代咸水农业(种养殖暨生态修复)利用的设想

3.1 开展内陆现代咸水农业利用的条件和步骤

河西内陆河下游地区，既是我国北方沙漠化的典型地区，也是北方沙尘源区。尽管国家实施的黑河和石羊河流域综合治理，对下游生态恢复工作取得了进展，但沙漠化态势仍很严峻。加之当地淡水资源又十分匮乏，生态环境恶劣，采用河流泄放淡水来恢复天然绿洲进程缓慢，也很有限。但是，这里地下咸水资源并不缺乏，多属硫酸氯钠镁型和氯钠型矿化水，仍可用来开展咸水农业种养殖。根据现代科技发展，经过几年时间的酝酿和多方面考虑，可选择这些地区作为开展“内陆咸水种养殖暨生态修复”的试验示范，不仅可以为我国的沙漠化土地治理提供新的途径，而且对下游的绿洲生态恢复有着特别重要的现实意义。由于“利用地下咸水进行沙漠化地区生态经济建设”，在荒漠地区是一个全新的构想和创新，因此，首先要作试验示范研究，这也是在我国荒沙漠地区开展地下咸水农业进行生态修复的一个试验性项目。

根据国内外海咸水养殖技术的发展及水质低成本控制与处理技术的突破，我国近期在内陆咸水地区也开展的一些咸水农业利用试验，但都属于单项的养殖和种植。由于我国在干旱地区有长期的咸水浇灌经验，可把咸水养殖与种植结合起来，开展内陆咸水农业利用系统的试验示范，其条件现已成熟。该项研究最终将尽可能集成、整合所有与咸水相关的生物研究成果与生产技术，最大限度地高效利用地下咸水资源，总结一套完整的技术和经验，为西部沙漠化地区生态环境与经济建设开创新途径，并显示出开发利用咸水的远大前景。

3.2 试验示范的目标与关键

在充分考虑到各方面的因素及试验所在地的客观条件，建议试验示范第一年工作主要进行前期规划、现场选点、地下水水质与环境评价、确定水质处理方案、选送水样到海水养殖苗地放养试验，现场进行设计、选择种植耐盐植物种等准备工作，有条件的可进行打井和养殖大棚的土建。第二年修建养殖池、完善养殖棚池和供水供电保温设施；室外进行土地平整，春季布置防沙防风措施；培训种养殖技术人员、调运鱼虾苗、饵料和处理水质材料；进行有关鱼池水质、水温、光照及场地环境监测仪器的布设，以便现场小试取得必要的数据，做好咸水种养殖可行性试验的准备工作，保障现场试养成功。随着开展中试，主要

根据环境和水质条件，选择好适宜养殖的鱼虾品种、水质处理和养殖管理技术，保障养殖水温和病虫处理，实现以节水高产养殖的目标，并取得一定产量；在种植耐盐植物方面，主要以增加绿色植被为目标，形成荒漠地区咸水农业生态系统，充分利用养殖池肥水来种植，不仅不会造成污染，而且可以种植灌木来防风固沙、以牧草养畜和经济植物获取一定经济效益，从而构成荒漠地区咸水高效利用循环经济。最后，需要结合各地区环境条件，总结出咸水养殖与荒漠化土地治理经验，总结出适合各种咸水类型发展咸水农业（种养殖）的技术和荒漠化土地治理的技术，并制定出适合发展咸水农业的规划与规范，逐步推广，形成一个内陆新兴产业。

3.3　发展前景

从发展前景看，咸水养殖，不仅可以采用棚池模式养殖高蛋白的耐盐海鱼虾，还可充分利用地下咸水和湖泊积水发展内陆渔业养殖，获得高额回报；而且采用咸水种植，改善生态，增加绿洲植被覆盖，特别是种植耐盐碱、有经济价值的植物并有产出；还可种植牧草，提高草场畜牧业利用价值，特别是引种耐盐、饲料价值高的牧草品种。若采用室内节水养殖与鱼池肥水室外种植结合的咸水复合农业生态系统，达到“多采光、少用水、新技术、高效益”的目的，开发利用沙区较为丰富的咸水资源，以发展钱学森院士倡导的沙产业。

从养殖业市场看，其前景广阔，近期海产品可就地供中小城镇等食用，估计在几十万人以上，还可运送大城市供应。现今已有铁路和公路连接，供应甘肃省兰州市、青海西宁和宁夏银川等城市，供应人口可达几百万以上。当产量达到一定数量，可以考虑冷冻、加工和出口。

从耐盐植物种植看，综合利用价值大，不仅可以生产野生绿色蔬菜，而且可生产植物蛋白含量较高的饲料，还可种植富含脂肪油的植物，提炼高品质食用油、工业植物油和生物质能源。

用钱学森的系统工程理论与方法构建草坪业

孙吉雄[*]　秦伟志[**]

20世纪80年代，著名科学家钱学森在调查研究的基础上，分析国情，以辩证唯物主义科学观为指导，运用系统工程理论和方法，从理论和实践中提出建立农业型的知识密集产业的构想。他1984年提出的第六次产业革命的理论认为，第六次产业革命就是农业上的大革命，把农业产业分为农业、林业、草业、沙业、海业，前“四业”定为“绿色农业”，海业为“蓝色农业”。同时，钱学森将沙产业定义为：是在“不毛之地”的戈壁沙漠上搞农业生产。即在沙漠地区利用植物的光合作用，运用现代科学技术，来组织、优化、提高生物对太阳能的转化率，增加光合作用的产品产量，建立起的知识密集型的现代化农业体系。钱学森还指出：“草业是建立在草地资源开发基础上的，集生态、经济和社会效益于一体的综合性产业。”“草业不仅对畜牧业发展，而且对生态环境建设、绿化、美化环境等有着重要的作用，是我国最有发展前途的产业之一。”隶属于草业的草坪业，作为绿色农业的组成部分，对人类自身的进化和塑造赖以生存的环境起到了巨大的推动作用。草坪作为现代地球生态环境恢复与建造的重要材料，在草业、沙业中扮演不可替代的角色。作为沙业、草业的有机组成部分，草坪业在沙业中起着包括沙地在内的裸地生态系统的恢复、重建、开发、生产与利用的重要作用。

1　用钱学森系统工程的原理认识草坪业

钱学森认为：“系统是由相互作用、相互依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机体，而且这个系统又是它所从属的一个更大系统的组成部分。”他还指出：“系统工程是组织管理系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用方法的科学。它是从系统观念的高度来分析和处理现实世界中的各种实际问题，从某种意义上讲是一种思想方法。”系统观念又可表现为思想方法上的整体化，资源（技术、知识、设备、物质）利用的综合化和管理的科学化。因此，系统工程学也是实现草坪业的科学管理，提高产业效率，规范草坪工程建设，达到创建独具中国特色草坪业的先进理论和科学方法。

1.1　草坪业是一个结构完备的系统产业

系统的结构是系统存在的物质基础，是系统关系、属性、功能的体现。草坪处于地球环境生态系统绿地系统之中，就总体而论，它与草业系统、沙业系统间保持着密切的关系。

---

[*] 孙吉雄，甘肃农业大学草业学院教授。

[**] 秦伟志，甘肃省沙草产业协会常务副会长，高级工程师。

草坪业是与钱老创导的绿色农业的多个产业相关的一个多元、综合、系统特征显著的完备系统工程产业。

1.2 草坪业是一个渐变、发展、进步的产业

系统工程理论认为，系统的形成与发展是一个动态的过程，是一个由低级到高级、由简单到复杂的渐变过程，其中蕴藏着能量的积累，组分的丰富，结构的完善，功能的扩大等内容。

草坪业的利用和研究有悠久的历史，世界草坪业发展也因地域和民族不同而异。依据草坪发展的历史，我们可将世界草坪的发展归结为“原草坪(对人类起源起作用)→园林草坪(起美化功能，与都市环境建设及物业同步发展)→户外运动草坪(利用运动功能，与体育产业同步发展)→生态草坪(发挥生态功能，与环境保护业同步发展)”四个主要阶段，每个阶段均体现了草坪质的发展。

中国有利用草地、林地、沙地资源，发展草坪业的悠久历史。但现代草坪业在我国起步，则是1990年第21届亚洲运动会在北京举行之后的事情。优良冷型草坪草的引入，直播建坪技术的普及推广，多领域、大面积的草坪绿地建设，造就了一批草坪草种子公司、草坪工程公司，使我国草坪业初现雏型，并以极高的速度向前发展。截至2010年底，我国草坪及相关企业已达5000多家，从业人员有20多万，其中年产值在500万元以上的有50余家，年总产值约30亿～40亿元。草坪业已成为中国经济腾飞中的系统产业、朝阳产业。

2 中国现代草坪业发展的动力系统分析

草坪绿地作为世界景观生态系统的基本组分，寓于人类生态系统之中，是一个极小的子系统。然而，它却能通过对人类生存环境质量的提高和改善大自然的面貌，以服务和观赏功能奉献于人类，起着为人类提供一个崭新生活方式的巨大作用。

草坪作为现代人类生活环境与现代文明的重要组分，堪称“文明生活的象征——美化环境，提高生活质量，促进物质与精神文明；生态环境的卫士——维护生态系统，起到平衡和恢复生态系统的作用；运动健儿的摇篮——为竞技、保健、娱乐、游憩提供场地”。草坪的功能是草坪业与人类社会连接的桥梁与纽带，草坪业通过草坪的功能对人类社会作出贡献，创造显著的经济、生态、社会效益，人类社会对草坪业也予以丰厚回报，造就了草坪业的繁荣。因此，草坪功能的开发与利用，是草坪业发展的原动力，其实质是对人类社会不断增长与提高要求的满足。草坪业服务范围的不断扩大和服务内容的不断创新，是现代草坪业发展的基本内容。这就要求有以钱学森创导的系统工程学理论为基础，系统、全面、综合的草坪工程学理论与实践与之相适应。

3 用钱学森系统工程学的观点展望中国现代草坪业的发展

“草坪是园林中用人工铺植草皮或播种草籽培养形成整片绿色地面。”这一传统概念

尽管道出了草坪为人工植被的基本含义，但它却把草坪业局限在园林的小空间，从而造就了我国草坪业近百年停滞不前的落后局面。

就草坪的应用本质而言，人类社会对草坪的需求是草坪存在和发展的基石，而人类对草坪的需求则处于增长、扩大和提高的永恒运动之中。

简朴的绿化、美化和粗放、初级的集会、运动，是古典草坪的基本服务内容。随着定居、都市的产生、都市建设与物业的发展，使草坪由原野进入城市，在城镇园林绿化、美化中担当了重要角色。进入现代社会后，户外运动成为时尚，体育竞技运动的开展、高尔夫球的普及，开辟了草坪业的新领域，在技术的深度和服务质量上有了质的提高。现代社会给人类带来了物质的极大丰富，然而工业污染、对天然资源的不合理利用，使生态系统恶化成为当今社会不可回避的问题，在包括沙地在内的裸地生态系统恢复与重建维系和改善人类生存环境的斗争中，草坪跨出了城市，进入到广阔的大自然之中。这种丰富的历程，造就了中国草坪业系统、综合的特色，即：草坪建植过程工程化、城镇草坪绿地配置美学化、草坪环境生态化、草坪风格文化化、草坪产业经营经济化。体现了中国草坪业以单一草坪建植管理技术的主体内容，向多元、综合、系统、适用、前瞻的时代特色。要实现和发挥这个特色，就必须破除旧有“草坪业就是建植管理草坪”的单一观念，树立草坪业是一系统产业，草坪建植管理是一系统工程的思想。只有用以钱学森创导的先进系统工程学理论为基础的草业系统的理论指导草坪业的实践，中国现代草坪业方能正常、高效的发展。

4 用钱学森系统工程学的方法规范草坪绿地建设

4.1 草坪工程建设的目标是建好、管好草坪

草坪工程建设的基本任务是建造好草坪绿地子系统，也就是摆正草坪在绿地系统中的位置，处理好系统中诸组分的关系，使系统合谐、稳定、持续，也就是人们常说的“建好草坪，管好草坪。”

建好草坪是指草坪建植应符合设计要求，要达到规范标准，要按时足量建成草坪。管好草坪是指建成的草坪应按养护程序实行计划管理，要保持草坪生产季内的坪用特性良好，使草坪符合规范指标。建好、管好草坪的最终指标是为人类提供坪用特性稳定、持续保持的草坪。

4.2 只有用系统工程的方法才能建好和管好草坪

草坪建设使用的是具生命的植物材料，要维系草坪绿地植物的正常生育状态，需要植物、土壤、生态、营养、林学、园艺、草坪等方面的知识，因此草坪建设要涉及多个学科领域。

草坪建设的实施需要通过园林工程技术、给水排水技术、机械手段来实现，即包含发展、多变的建设技术。由于服务范围的广大，草坪工程遍及运动、景观美化、游憩文化、生态保全、水土保持多个领域，他们对草坪的功能与质量不断提出新要求。因此，草坪建设

是涉及面广、服务全面的作业。

草坪建设所完成的草坪绿地工程，是集生物工程、基建工程、园林工程、灯光工程、造型美化工程、道路工程等于一体的系统工程，要完成好这一工程，需要多工种的配合、协调与综合。因此，草坪建设是涉及多门类的综合性作业。

草坪工程进行的是设施建设，在设施建设的实施中，要依照一定程序，遵循一定的规则，要达到一定的质量标准。因此，草坪建设应是在系统规律规范下可评价与计量的作业。

草坪工程是一个完美的草坪地被植物综合体，是具有独特功能的设施。为此，它应包含草坪工程的构想、设计、施工和养护管理多个生产环节，因此，它应与草原、水利、建筑工程一样，用工程的、系统的观点和方法来实施与管理。

5 用钱学森系统工程的理论指导草坪建设实践

草坪工程是通过草坪建设完成的设施，它是一个系统工程。遵循系统工程的原理，它应是有序、有界的作业。在草坪建设中首先应有明确的数量与质量指标，用相关产品等级标准（质量指标）、施工能力与信誉（技术指标）和效果标准（经济指标）进行约束与评价。应遵循相关规程进行有序施工（草坪建植规程、草坪养护规程）。通过草坪工程监理对草坪建设全过程的监督，使工程按时、保质、有序进行。

通过竣工验收，对工程完成的设计进行综合评价、分级，实现对草坪建设的科学管理和调控。

6 草坪工程的系统化管理的现实意义

通过草业系统工程理论与方法在草坪建设中的利用，对草坪业可产生明显的促进作用。

（1）利用系统工程的理论，通过系统规划与具体设计，将草坪与绿地系统中其他组分（乔灌、花、地被植物、工程设施、环境条件等）有机配合，使之和谐与完美。

（2）将草坪寓于人类生态大系统之中，从而扩大了草坪的服务范围，增加了功能，拓宽了市场，增强了产业活力。

（3）实行草坪建设的系统化管理，规范了施工的过程。监理制度的实施，彻底扭转了草坪工程施工的无序状态，做到了有法可依、有法必依，从而保证了工程质量和投资者的利益，提高了草坪适应市场的能力。

（4）施行草坪工程竣工验收和评价制度，划分草坪工程质量等级，按质论价。将草坪业处于严密的评价监控制度之下，杜绝了业内的不公平竞争，使草坪业处于有序管理的宏观控制之中，规范了市场，激励了竞争机制，使产业进入良性循环之中，保证了产业的持续发展。

7 小 结

由上述论述，我们可得出下述认识：

(1)以草坪工程为支撑的草坪业，是一项有发展前景的系统产业，具有系统工程的属性和特征。

(2)钱学森创导的系统工程理论和方法完全应用于草坪建设，可用于管理与指导草坪业的发展。

(3)要摆脱当前我国草坪业发展无序状态和停滞不前的困境，实现中国特色的草坪业，必须将草坪建设技术与钱学森的系统工程理论相结合。只有在草坪系统工程理论的统领下，才能实现新时期草坪业的创新与腾飞。

草坪工程学是运用钱学森提出的系统工程理论和方法解决草坪业科学技术问题的尝试与实践，是人类在发展草坪业过程中对传统草坪建植与管理活动的新认识。草坪工程学是以系统学的理论、工程学的手段，来实现以有生命植物为主体的草坪建设项目，建造与维持这一特殊系统的科学。它是现代草坪业的特色与基石，是现代草坪科学进步发展的必然结果。

开发沙区第一资源，发展沙区农户小型风电、光电上网供电系统

——以石羊河流域为例

魏万进*　宁杨锁**

钱学森是伟大的人民科学家，为中国研制“两弹一星”立下永垂青史的功勋。他当年在酒泉卫星发射中心和金塔导弹试验基地指导试验发射工作时，看到沙漠地区生态环境的退化和当地人民群众生活的艰辛，思考如何用科学技术来解决生态问题，帮助群众脱贫致富。他集成广博的科技知识，高瞻远瞩地提出了“沙产业”的设想，为沙漠地区的科学发展指出了方向。钱学森在对沙产业概念的阐述中，多次提出应用沙区太阳能、风能。在《创建农业型知识密集型产业——农业、林业、草业、渔业和沙业》的学术报告中，他说沙产业是“农业型的知识密集产业”，“限于植物本身的能力，上述巨大太阳光能只有很少一部分转变为植物产品，这个比例不到百分之一，常常只有千分之一，那百分之九十九以上的太阳光能到哪里去了呢？……在地球上还转化为风力和水力资源，这当然重要，因为我们在这里讲的农业型产业也要利用风力和水力来发电，用于生产”。“沙漠戈壁有充足的阳光，可以直接用太阳能电池来发电，沙漠戈壁的风力资源也很大，可以利用来发电。这可以是一项非常重大的产业，但都是直接利用太阳能，没有通过植物的光合作用，不属于农业型的生产”。在写给沙漠学专家、终生践行推动沙产业的中国科协原副主席刘恕的信中，钱学森说：“‘沙产业协会’或‘沙业学会’，要宣传沙产业在我国社会主义建设中的重要性，并讨论我国沙产业的50年规划，例如：在我国近20亿亩干旱地区戈壁沙漠及半干旱沙地选日照充足而又风沙不大的1亿亩作为太阳能发电区，年均电功率即可达10多亿千瓦。”钱学森对在沙漠戈壁上充分利用太阳能，对于在沙产业中发展风电、光电的重要作用，给予了高度重视。按照钱学森在沙漠戈壁中发展风电、光电的设想。本文提出沙区发展农户小型风电、光电上网系统。促进西北干旱和半干旱地区新能源建设，生态文明建设和农村小康社会建设。

西北干旱沙区拥有极为丰富的太阳能资源（太阳能和风电能），年均日照时间2800～3300小时，年均太阳能总辐射量每平方米140万～200万大卡或1400～1750千瓦时，相当于每年太阳光能在地面上铺洒0.3米左右的标准煤层或0.2米左右的原油层，是取之

---

* 魏万进，甘肃省沙草产业协会会长，甘肃省政协原常委、科教文卫委员会副主任，甘肃省科协原常务副主席，高级工程师。

** 宁杨锁，甘肃省绿化基金会副理事长，研究员。

不竭的“露天煤矿”和“天然油田”。气象专家耿其亮1986年在《中国沙区的气候》一书中，在列举了全国沙区丰富的光热资源转换为标准煤和发电量的数据后，提出“这些数字对于少柴缺烧的沙区及干旱、半干旱区而言，意味着什么?”在光伏发电和风力发电技术发展的今天，完全可以回答。太阳能是沙漠地区的第一资源，应用光伏发电和风能技术，发展沙区农户型光电、风电上网系统，完全能够成为沙区农村的第一产业。让沙区的农户利用风能资源、光能资源生产出电能产品，从上网售电中得到可观的经济收入，从而用科技和经济方式促进关井压田，减少农业生产对水资源的消耗，推进退耕还林、退耕还草，加速内陆河下游生态恶化区地下水位的回升，加快生态环境的恢复改善。

1 水资源不足是河西沙区问题的根源

甘肃河西沙区属于温带干旱荒漠和暖温带极端干旱荒漠。北有腾格里、巴丹吉林沙漠，西有库姆塔格沙漠，风线长达1200公里。河西地区总土地面积27.48万平方公里，其中，沙漠戈壁14.03万平方公里，占总面积的51%。由发源于南部祁连山的疏勒河、黑河、石羊河三条内陆河水系形式的沉积平原和流经戈壁沙漠中形成的条块状绿洲，就是河西沙区农业生态区。河西地区的年平均降水量157.9毫米，是全省年平均降水量405.5毫米的38%，而年平均蒸发量为2000～3000毫米以上，是全国最干旱的地区之一。因而，河西走廊农业生态区是一个没有灌溉就没有生态绿洲，没有灌溉就没有农业的地区。

由于人口的自然增长必然引起对耕地需求的扩大，在祁连山的水资源总量没有增加的情况下，上、中游人口和耕地的增长必然会减少流到下游的地表径流水量和地下潜流水量，使部分土地弃耕荒芜。更为严重的是，由于下游可用水量的减少，内陆河靠季节性河水补充维系的末端河道断流萎缩，终端的尾闾湖由于没有河水的补充湖面逐渐缩小，甚至消亡逆变成干旱的盐碱滩。目前河西的三条内陆河都不同程度地出现了生态危机。疏勒河水系的敦煌、地下地表水减少，地下水位下降，著名的月牙泉面积由22亩一度下降为仅8亩，水深由7.5米一度下降到不足1米。黑河以前由于上、中游用水增多，下泄水量减少，致使下游内蒙古额济纳旗段河道断流，居延海干涸。后来，黑河每年向额济纳旗下泄8亿立方米水量，才使下游河道两岸胡杨林恢复了生机，居延海重又恢复了水面。但下泄河水后，中游张掖周边的部分湿地消失。最明显和最严重的是石羊河，在河西内陆河中，水量最小，流程最短，流域内人口最多，耕地最多，水的矛盾最突出。“这一状况在民勤表现得尤为严重。经石羊河进入民勤的地表水由上世纪50年代的5亿立方米减少到不到1亿立方米，致使所有的湿地湖泽干涸，沙漠势不可挡地向前推移，出现了严重的生态危机”。“石羊河尾闾湖——青土湖，上世纪50年代还有水面，现已逆转为盐碱滩……35万亩灌丛处于死亡、半死亡状态，13.5万亩沙枣林枯梢死亡，400万亩天然草场退化为荒漠草场，为了生存，只能超量提取地下水……年均超采(地下水)4.8亿立方米。”最北部的湖区，“有30万亩农田弃耕，全县有10万亩农田沙化”；十多年来，湖区10万人口中，已有3万人因生态环境恶化而离开故土，外出谋生。

以上情况表明，在水资源不足的河西内陆河沙区，以传统农业推动社会经济发展的方

式已不能可持续地维持下去。需要努力探寻农村经济增长，农民收入增加，生态环境能恢复和改善的新生产方式。

2　河西沙区有丰富的太阳能光热资源，正在建造为我国最大的风电、光电清洁能源基地

河西地区干旱和极度干旱的地理自然条件，给河西（沙区）农业生态带来了许多不利：沙漠侵蚀、土地沙化、沙风频发、沙尘暴（携卷沙尘的暴风）严重、阳光辐照量大、日照时间长、地面水蒸发量高，而诱发农作物生长期的干热风等。沙灾、风灾、旱灾，表征了河西沙区农业生态环境的严酷。原生环境问题和次生环境问题对河西沙区农业经济发展存在着重大的负面影响。

随着近二十多年来煤炭、石油的不断增长的使用，二氧化碳排放量的增多，造成了全球气温升高，南北极冰川大量消融，海平面上升，并将导致全球灾难性的前景。太阳能、风能等可再生能源得到广泛使用。风力发电成为世界上发展最快的能资源产业之一，每年以30%的速度增长。我国也制定了《可再生能源法》，把风能、太阳能等清洁能源的开发利用提升到了国家能源战略的重要地位。以前认为给河西地区带来大风，荒漠干旱的强太阳光辐照和强风就成为了绿色可再生能源——风力发电、光伏发电工业的丰富自然资源，将是推动河西沙区未来的社会经济发展的巨大工业生产力。

甘肃丰富的风能资源占全国第五位。河西沙区风能资源的理论储量约2.37亿千瓦。从12年前在玉门镇建造4台300千瓦的风电机组以来，风电已成为甘肃投资的热门行业。国电龙源集团、中网电投集团、大唐集团等20多家央企和知名大型企业，纷纷在河西投资建设风力发电场。在省委、省政府"建设河西风电走廊、再造西部'陆上三峡'"战略的推动下，2009年，全省风电装机容量将达到100万千瓦；2010年516万千瓦的风电项目也全部落实；2020年，风电装机容量将达到3000万千瓦，是2008年底全省发电总装机容量1496万千瓦的2倍。民勤县同安西、玉门等地相当，"年平均风速均在4.5米/秒以上"，在全省29个观测台站中列第6位。甘肃"风能可利用区域为30094平方公里，主要分布于玉门、安西、古浪一带，占全省面积的6.6%。"

河西沙区也是全国日照时数最长，年总辐射量最大的区域之一，年总辐照量6100兆焦/平方米，仅次于内蒙古西部的6360兆焦/平方米和西藏的7450兆焦/平方米。太阳光照时间年均达2800～3300小时，根据杜祥琬院士主持负责的《关于发展风电、光伏电的中国工程院重大项目课题报告》中的数据，新疆、内蒙古、甘肃等地为太阳能热量在1400～1750千瓦时/(平方米·年)，资源非常丰富。这是大自然给缺水、干旱、欠发达沙区水资源紧缺的补偿，是沙区非农业发展富裕的资源，是当地居民致富的希望。

早在1984年，甘肃榆中县就安装了全省第一套太阳能光电机组，将太阳光能转变为电力。但因为当时工业排放的二氧化碳对全球气候的影响还没有近年严重，对太阳能发电的需求没有近年迫切，也因为太阳能光电技术还不成熟，光电成本太高，而无法普遍应用。直到2008年12月19日，我国第一个沙区并网大唐武威光能电站，在武威市城东科

技示范区建成投产。光能产生的电流，通过逆向变压，并入10千伏电网。总规模装机容量1000千瓦，一期建设装机容量500千瓦，年发量约85万千瓦时。2009年8月，敦煌1万千瓦光伏并网发电特许招投标示范项目在敦煌奠基，总投资2.03亿元，年均发电1805千瓦时，上网电价1.0928元/(千瓦时)，2010年底建设投产。2009年4月16日，我国首座大型太阳能光伏高压并入城市电网电站在青海西宁竣工并运行发电，占地面积15亩，总功率300千瓦，年发电量可达45万千瓦时。此外，还有一些100千瓦的光伏电站在玉门、武威动工兴建。甘肃省太阳能资源在全省有着比较优势，是全国第二大太阳能丰富区，年太阳能总储量为72万亿千瓦。如果把沙化土地面积的1%安装太阳能光伏发电系统，折算装机容量达7000万千瓦。这是在新工业技术条件下，河西沙区的巨大资源，也是河西沙区取之不竭的巨大财源。

3 发展沙区农户小型风电、光电上网供电系统的设想及技术、经济、生态分析

目前，在河西沙区建设和将要建设的风电、光电，几乎都是大型企业集团投资。风电场的规模少则5万千瓦，多则20万千瓦甚至更多。试验性光伏电站，容量至少在100千瓦，光伏并网发电示范电站，都在1000千瓦和10000千瓦规模。

在努力兴建大型、中型风电、光电项目的同时，建议发展沙区农户小型风电、光电上网供电系统。这里的小型风电、光电是指5～20千瓦的风电机组。为简单明了，仅以在一亩非耕地的光伏发电项目来论证。我们假定一亩非耕地的四分之一(167平方米)被光电板覆盖，光电转换率为15%、则每平方米年均发电385千瓦·时、一亩非耕地年发电量约为35000～57600千瓦时。按国家光伏电上网标杆电价1元(每千瓦时)计算、则一亩非耕地年收入在35000～57600元、即使扣除二分之一的成本，纯收入也有18000～25400元。其经济效益显然非常可观。甘肃省农民人均纯收入中，农业得到的比例约占60%，民勤县农民户均4.6人，2008年农民人均纯收入4000余元，则每户农民全家从农业中得到的纯收入为11040元。也就是说，即使农民人均纯收入较高的民勤县，假定风能资源能兴建小风电机组的地方，农户投资7万元，建小风电并网供电，仅从风电中的收入就同目前民勤农民从亩均耗水600立方米，人均耗水2000立方米所得到的收入相当。从水当量同经济收入当量互换的观点，就是建造一台10千瓦小型风电机组，就等于调水9000立方米或可以少耗水9000立方米。再以古浪县为例，2008年，农民人均纯收入中，农业收入是1320元，每家农户4.5人，全家从农业是得到的纯收入近6000元；假定一家农户有一台10千瓦的风电机组，从风电中得到的收入相当于每家农户从农业中得到经济收入的2倍左右。设想民勤县有一半的农户拥有风电、光电机组10千瓦，即使少播种现在的一半耕地，也可以有现在1.5倍的农民人均纯收入，少耗用全县1/4的农业用水，若按前几年的农业用水计算，则可以少耗用1.45亿立方米的地表水和地下水。这部分水则可用于恢复生态用水或补充地下水。相当于《石羊河流域重点治理规划》中从凉州区西营河和永昌县西大河向下游民勤县每年输水量1.45亿立方米。1.45亿立方米的水，是柴里木河下游的558万

亩林草地或民勤 551 万亩林草地最低需水量 3.2 亿立方米的 45%，相当于可以再造 248 万亩林草地的生态植被。

农户小型风电、光电上网供电系统，在技术上是完全可行的：

“在德国和丹麦，风能每年的新装机容量已经超过了火电和核电等传统能源”。在德国这样风电普及的国家，风力发电机非常分散，可能几个人合伙买台风力发电机就可以安排在自家后院，并入电网“。德国鼓励绿电的能源政策。很多这样的由个人投资的单个风电机组都能够并入电网。而法律规定，让风电投资者可以将风电卖到比传统电力更多的价钱”。

“日本国会 1 日通过《能源结构供应高度化法》，规定电力公司有义务以现行价格的两倍收购家庭太阳能设备生产的剩余电力”，“实行新的收购价格，那么一套设备就可在 10 年内收回成本”。

在英国，微型风力发电机，“在各大建材商店都有出售”机组每年可生产 1000 千瓦时至 1500 千瓦时的电力，这是难以提供普通家庭所需电量的 1/3，英国政府为每户提供补贴和发电津贴，“每个家庭用 6～7 年时间就能收回购买电机的费用。

“截至 2004 年，世界风电装机容量……，德国名列榜首……美国居第二位，为 680 万千瓦。美国发展风电的一些做法和风电农业、电力网表等，都处于世界领先水平。美国加州、华盛顿州、俄勒冈州采取了很多办法，比如对风电产业进行减免税收等。在一些风力资源丰富但却不适应种植农作物的土地上，大胆建设风力发电站，并将其称为风电农业”。

2007 年 9 月 18 日～21 日，中国风能协会、中国农机协会风能设备分会、中国农业能源行业协会小型电源专业委员会，在北京联合举办了《小型风力发电系统等分布式供电系统技术研讨会》，交流研讨小型风力发电、小型风光互补发电等分布式电源系统技术，推动其发展。会议建议：“政府要高度重视分布式电源的建设与发展。采用分布式供电方式将小型风电在电网终端用户处接入电网，采用净值计量法计算电费，不仅使小型、分散、有效清洁的可再生能源资源得到合理利用，而且使发展再生能源与农村经济发展联系起来，增加这些地区牧民的收入，还可以降低供电成本。这种供电方式在欧美发展很快，是今后发展的方向”。

此前，中国风能协会负责人就建议：“开创个体（或合伙）办风电的新兴市场、采用丹麦和德国的模式，分散建设，推广风能利用”；德国和丹麦的风电场“绝大多数是农民购买 10 千瓦机组就近上网，农民靠向电网卖电获得收益”。

“我国曾宣布到 2000 年年底风电装机容量达到 100 万千瓦，但这个目标被整整延迟了 5 年”。专家认为：“仅靠几个国有大公司无益于风电市场化”，“建议开创个体（或合作集资）办风电的新兴市场”，“适宜推广风力发电的条件是：农村电网足够强，电网公司允许个体风电机组上网”，“政府要真正把优惠政策给农民”。

虽然，目前光电成本高一些。就每千瓦机组成本，光电是风电的 2 倍高一点，但光电示范电站的上网电价是风电的 2 倍低一点，二者相差不多。我国太阳电池组件新技术的成果，“将使太阳能发电成本在 3 年内接近火电成本”。这将使光伏发电上网电价降到每

千瓦时 0.65 元人民币。以非农沙产业来实现民勤县“压缩灌溉面积，减少农田用水量；关停部分机井，控制地下水开采量”等治理措施的实施和治理目标的实现。

引述以上资料的原文，就是要以此证明：发展农户小型风电、光电上网供电系统，在技术上是完全可行的，是未来发展的方向。

甘肃省太阳能和风能资源十分丰富，且有很强的互补性，特别有利于建设风力发电与太阳能光伏发电互补发电系统。互补发电可均衡地满足用电需求。在干旱缺水的沙区，应该鼓励发展农户小型风电、光电上网供电系统，以让沙区农民富起来，让农业用水降下来，让沙区生态恢复起来。

钱学森沙产业理论构想的创立及其科学启示

温友祥*

我常想，钱学森院士作为一名搞“两弹一星”的科学家，是属于高科技、工程技术方面的专家，为什么能够创立沙产业理论构想？这一理论构想究竟是如何形成的？经过深入学习和认真思考，从中找到一些答案，我愿就此谈一点初步认识，与大家共同探讨。

2008年1月19日，胡锦涛总书记在看望已97岁高龄的人民科学家钱学森时，高度评价了钱老对我国科学事业的伟大功绩，特别提到钱老在系统工程理论和沙产业理论构想等方面的杰出贡献，胡总书记深情地说：“前不久，我到内蒙古自治区鄂尔多斯市考察，看到那里沙产业发展得很好，沙生植物加工搞起来了，生态正在得到恢复，人民生活水平也有了明显提高。钱老，您的设想正在变成现实。”这是中央领导在公开场合第一次肯定沙产业理论构想。钱老在央视“2007感动中国十大人物”颁奖盛典中被誉为“民族的脊梁，知识的宝藏，科学的旗帜”，其中又一次提到钱老创立的沙产业理论构想。

大家知道，钱学森院士有一个关于“三大革命”的理论观点，这就是科学革命、技术革命和产业革命。他是在总结人类文明发展史的基础上提出“三大革命”的理论观点的，他指出：“人认识客观事物进程有飞跃的时候，这个叫科学革命”；“人改造客观世界在技术上有大的进步，大的变革，叫技术革命”；“有了科学革命，有了技术革命，最后它直接作用到生产，就会引起生产关系、生产结构的变化。当这种变化从量变到质变，有了飞跃，这个时候就出现了产业革命”。他把人类文明发展的近万年的历史长河中已经发生的产业革命进行了总结和排序，指出迄今为止，世界历史上已经发生过五次产业革命：第一次，农牧业的出现和兴起，就是人类从原始的狩猎状态进入农耕和养殖时代，大约在公元前8000年～公元前7000年；第二次，商品生产的出现和发展，表明农牧业的发展已经出现了产品的剩余，自给自足的生产逐渐被打破，商品生产应运而生，一些人放弃了农耕，专门从事经商活动，大约在公元前1000年左右；第三次，大工业生产的发展，这是在17世纪末18世纪初由于蒸汽机的发明而在西方国家引发的一次产业革命，人们称之为“工业革命”，但实际上它影响到农业、商业和人类生活的各个方面，在全世界引发产业结构的大变革、大调整，直到19世纪初期；第四次，发达国家和国际产业组织体系的形成和发展，即大的跨国集团公司和垄断企业在世界上兴起，它不仅推动了经济全球化的进程，而且引发了管理科学和技术的革命（钱老特别指出，这是我们需要补课的那一次产业革命）；第五次，随着微电子、通信和计算机技术的发展，人类面临新的产业革命，这就是信息革命，信息产业即将成为

---

* 温友祥，甘肃省政府研究室原副主任、研究员，甘肃省沙草产业协会副会长，兰州大学经济学院兼职教授。

国民经济的支柱产业,信息技术不仅会改造传统产业,而且会影响到人类生活的各个方面。

钱老作为一名具有战略眼光的大科学家,他在预测信息革命的同时,还高瞻远瞩地预测到21世纪中叶将会出现在中国的另一次产业革命,即第六次产业革命。这次产业革命的核心是生物科学技术。由于生物科学和生物技术对于农业、工业、医药卫生、食品营养等人类生活的各个方面都会产生深刻的影响,改变社会的产业结构,所以它会带来又一次产业革命。钱老认为,以生物科学和生物技术为核心的第六次产业革命,将首先改造现在的农业,创建出高度知识和技术密集的大农业,形成农、工、商综合生产体系。这种大农业是以阳光为直接能源,通过生物的光合作用,制造人类所需要的产品的产业。按其生产空间分布的差异,钱老把它分为农产业、林产业、草产业、沙产业和海产业。沙产业理论构想由此应运而生。按钱老的定义:"沙产业就是在(沙漠、戈壁等)不毛之地搞农业生产,而且是大农业生产。这可以说是又一项尖端技术!""发展尖端技术的沙产业,就是利用现代生物科学成就,再加上水利工程、材料技术、计算机自动控制等前沿高新技术,一定能在沙漠戈壁开发出新的、历史上从未有过的大农业,即农工贸一体化的生产基地",并预言沙产业"将创造上千亿产值"。

从以上的叙述可以看出,沙产业理论构想是人民科学家钱学森院士根据"三大革命"的原理和人类社会产业革命发展的客观规律,经过周密思考和科学预测而创建的科学构想,不但具有深厚的科学基础和充分的理论依据,而且具有前瞻性、现实性和可操作性。从人类社会产业革命的发展史来看,科学革命是产业革命的原动力,技术革命为产业革命创造了工具和手段,而产业革命则是科学革命和技术革命的必然结果,是人类社会文明、进步根本性的推动力量。每次产业革命必然会带来社会生产力的大发展和产业结构的大调整、大升级,同时会大大促进新的资源(包括能源)的开发利用,大大扩大人类生存的空间和领域。沙产业着眼于广袤的沙漠戈壁和取之不尽的太阳能的开发利用,其发展前景是不可限量的。仅中国就有16亿亩沙漠戈壁,比全国的耕地面积还要多,要把它的潜力充分发挥出来就会创造巨大的财富。钱老同时提出的海产业,则是着眼于更加广阔的海洋资源和太阳能的开发利用,同样具有深远的战略意义。

作为一名搞"两弹一星"的科学家,为什么能够创立沙产业理论构想,就此我们已经从沙产业科学构想的形成过程找到一些答案,同时我们还能从中得到很多的科学启示和教益:

一是系统科学理论的指导作用。大家知道,钱老是系统科学理论和系统工程学的大师。系统工程学更讲究融会贯通,注重宏观系统的内在联系。宋平同志在评价钱学森院士创立沙产业理论构想时说:"钱老是大科学家,了不起的科学家,对中国人民有杰出的贡献。钱老思考的事都是大事,是重要的事。"这样来理解,钱老创立沙产业理论构想就是顺理成章、水到渠成的事了。

二是人民科学家的历史责任感和使命感。钱老长期在甘肃、内蒙古、新疆等地主持我国"两弹一星"的研制和试验,他深知风沙危害对甘肃等沙漠地区经济社会发展的制约以

及对人民生活的巨大影响,人民科学家的责任感和使命感促使他构想科学的办法来合理治理和利用沙漠资源。

三是辩证思维的思想方法和积极进取的主动精神。用辩证思维的思想方法去看待沙漠,就不能把它仅仅看作是“不毛之地”、“死亡之海”,而要同时看到它的优势所在。有了这样的观点,对沙漠就不单单是防止其危害,堵住沙漠的漫延,不能像过去那样实行“人进沙退”的错误做法,而是要以人和自然和谐相处的思维方式,把沙漠看作是一种可供利用的资源,采取积极进取的主动精神去保护它、开发它、利用它,为人类造福。这是一种观念的大转变,认识的大提高,也可以说是沙产业理论构想的精髓所在。

四是坚定地遵循客观规律和坚信科学技术的推动作用。第六次产业革命的科学论断就是钱老遵循客观规律做出的科学预测。即使对沙产业理论构想的生产实践,他也特别强调要按客观规律办事,指出:“要尊重地理学规律”,“一方面人有改造沙漠美好设想的诱惑,一方面又有地理(气象、水文、土质等)自然规律的限制”,“我想也许可以从地理历史学开始,过去不是沙化的地区,采取人为措施大概是可以治理的;对几百年前就是沙漠戈壁的地区,只能就实际情况开发沙产业,不要轻举妄动!还有一点:沙产业属第六次产业革命,是21世纪中叶才能开花结果的,那时还要用生物技术这一刚露头的技术革命成果。对沙产业我们现在只是做初步探索工作,包括:(1)从地理科学明确治沙范围;(2)通过试点,建立沙区植物、动物繁殖加工事业;(3)引入生物技术,做些试验”。这些精辟的论述,就充分表明钱老作为一名大科学家严格遵循客观规律的高尚品格和实事求是的科学精神!同时,他坚定地相信科学技术的推动作用,产业革命的推动力是科学技术,指出,搞沙产业要用全部高科技,包括自然科学、社会科学、工程技术等最新科技成果。

戈壁沙荒地应大力发展山葡萄

曹孜义*

1 戈壁沙荒地应大力发展山葡萄

近几年来我国葡萄酒产业发展很快，酿酒葡萄近7年来以每年平均18.1%的复合增长率增长，尤其以西部发展最快，我国酿酒葡萄面积已居世界第5位。我国西部有些省已把葡萄酒产业作为支柱和特色产业。东部一些葡萄酒大型企业纷纷到西部建立酿酒葡萄原料基地。在西部栽培酿酒葡萄可以做到生产的是真正的有机葡萄酒。但我国西部多数地区栽培酿酒葡萄要下架埋土越冬，虽然埋土防寒可以使葡萄安全越冬，但是下架埋土越冬和出土上架要花费大量劳力，还会损伤枝芽。埋土、出土费用要占总成本的40%～50%，枝芽损伤要降低产量约10%。随着我国经济的发展，劳动力缺乏和费用增高越来越突出，将会成为制约我国西部葡萄产业发展的瓶颈。如果栽的是山葡萄，则可不下架、不埋土。

山葡萄，是葡萄属中最抗寒的一个种类。山葡萄酒浓郁醇厚，宝石红色，余味绵长，风味独特，是在国内外市场上独树一帜的中国特色葡萄酒。山葡萄树是一种适应性很强的树种，从酸性土壤到碱性土壤均可适应，耐旱、耐瘠薄，沙滩、荒地都可栽培，既可制酒、制汁，又可美化和绿化环境。

山葡萄不下架、不埋土，在我国东北地区表现良好，但在西部戈壁滩上栽培，虽然能抵御严冬和春旱，但产量很低，已被多次报道和否定。在钱学森沙产业理论的指导下，我们与甘肃省紫轩酒业公司葡萄园领导和技术技术人员一起深入研究，通过2年的研究，改进栽培和整枝技术，解决了产量低的难题，使产量提高了近2.5倍。突破山葡萄产量低的问题，已被国内多家网站和报纸报道。

2 栽培山葡萄的优点

我们认为，发展山葡萄符合在钱学森沙产业的理论，有以下好处。

2.1 栽培山葡萄可大幅节省劳动力

山葡萄是葡萄中最抗寒和抗旱的，枝条可抗－40℃的低温，根系可耐－15℃～－16℃的低温，其抗寒能力远高于一般酿酒葡萄品种。嘉峪关紫轩葡萄酒公司栽培的300多亩山葡萄，不埋土已安全越冬8个年头，特别是经过多年不遇的2007年和2010年严冬的考

* 曹孜义，甘肃农业大学教授。

验，栽培的 2 个山葡萄品种没有受到任何伤害，还获得历史上最好的收成，并酿造出利口酒，可见其抗寒性之强。我们从戈壁沙滩上，拾下前一年剪下的枝条，虽经数月的自然风吹日晒，但仍有 60%的萌芽率，可见其抗干旱能力极强。葡萄上下架、出土埋土需要大量用工，栽培山葡萄不下架、不埋土可节省大量劳动力，在当今用工荒的情况下，具有很大的现实意义，单此一项可节省大量资金。

2.2 栽培山葡萄可把冻根风险降至零

某企业的酿酒葡萄，2007 冬到 2008 春，在地下 40 厘米处，温度降至－11℃，99%受冻；2010 冬到 2011 春，在地下 60 厘米处，温度降至－8.5℃，90%又受冻，损失惨重。但同样条件下的山葡萄却安然无恙。葡萄根系受冻，轻者减产，或者当年无果，重者葡萄树死亡，影响次年葡萄生长和结果，3～4 年后才能完全恢复。葡萄根系受冻在我国寒冷地区时有发生。葡萄冻根造成严重减产的风险依然存在，如果栽培山葡萄，则可把冻根风险降至零。

2.3 栽培山葡萄可减轻沙尘飞扬和沙尘暴，保护生态环境

鲜食葡萄可以几株、几分地、几亩地来栽培，但酿酒葡萄一般栽培面积都较大，少则数百亩，多则千亩、甚至上万亩。我国西部土地资源辽阔，有大量戈壁滩、沙荒地可以利用。在钱学森沙产业理论的指导下，在西部沙荒地大力发展酿酒葡萄十分必要。欧亚种酿酒葡萄虽能酿出国际流行的葡萄酒，但它不抗冬寒和春旱，越冬要埋土，才能顺利越冬。西部葡萄埋土，造成冬春大片土地裸露。埋土和出土又松动地表土壤，产生大量的尘源，为沙尘天气的形成提供了条件。栽培的山葡萄，沟距 2.8 米，单沟双行，株距 0.5 米，高 1.5～2.0 米，每亩有 667 株山葡萄，不下架、不埋土，地上有大量葡萄枝蔓形成的屏障，可大大减轻冬春风速和沙尘的飞扬。从山葡萄冬春地面变化来看，山葡萄地表沙土基本未移动，没有变化。山葡萄在滴灌供水供肥下，长势良好，在夏秋之季一片葱绿。戈壁滩上栽植埋土的欧亚种酿酒葡萄，前一年冬天刚埋的土、地面还有垅坎，次年都变平了，这些高出地面的沙土都被冬春的风刮平，大量的沙尘刮到空气中去了。因此若栽培山葡萄就有明显的防风固沙作用。为了生态建设和环境保护、洁净的空气和生态文明，我们应当积极调整葡萄种植结构，大力发展山葡萄。

2.4 栽培山葡萄有减轻霜冻危害的作用

我国西北地区除气候恶劣外，春日晚霜、秋日早霜现象也经常发生。山葡萄生育期较短（“左优红”和“北冰红”比“双红”还晚发芽 4～5 天）、成熟早，有避免早霜的作用。山葡萄花芽多、萌芽力强，在遭受一定强度的晚霜危害后，恢复快。

2.5 栽培山葡萄可显著提高经济效益和生态效益

在寒旱地区的戈壁滩上栽培葡萄，不下架、不埋土，不用大批机械去埋土和出土，可大

大节省燃料，还减少废气的排放，因此，在环境保护方面有积极意义。经测算，若栽培 50 万亩酿酒葡萄，仅埋土和出土要用 143 万个劳动力。在当今用工荒的情况下，只能用机械埋土。试想 50 万亩酿酒葡萄，单就埋土一项 1 台拖拉机、1 个拖拉机手、1 个工作日，1 天最快埋土 80～100 亩，50 万亩要 500 台 30 马力的拖拉机工作 10 天才能埋完。以每台拖拉机每亩耗油 2 升计，需要 1000 吨柴油，每吨柴油按 5000 元人民币计算，要花 500 万元，出土也要 500 万元，光埋土、出土耗油经费就达 1000 万元。500 台拖拉机埋土、出土各要 10 天才能完成，在这期间要排出大量废气，消耗 1000 吨柴油，要排出 1000～1800 万立方米废气，其中有 1.5 万立方米 SO_2，1200 吨烟尘，这会给环境造成多大污染呀！

2.6　栽培山葡萄有显著社会效益

山葡萄可生产干酒、甜酒、露酒、爽口起泡酒等。山葡萄酒低糖、高酸、色浓、维生素、矿物质、单宁等营养成分含量高，具有较强的抗氧化性能，可阻止低密度蛋白氧化。山葡萄中预防癌症和心脑血管疾病的白黎芦醇和荷花色甙等植物抗毒素物质丰富，比欧亚种酿酒葡萄品种中的含量高出 1 倍多。在戈壁荒滩上，生产出优质的山葡萄酒，定能产生显著的生态效益、社会效益和经济效益。

2.7　栽培山葡萄有利于滴灌节水效益的发挥

滴灌节水省肥，但也造成葡萄根系不向下扎，根系往往分布在土壤上层。山葡萄根系抗冻性是普通酿酒葡萄品种的 3 倍，它不怕冻，故利于滴灌节水技术的运用。

在钱学森沙产业理论的指导和启发下，在沙区大力发展山葡萄的建议向有关领导部门和葡萄企业报送后，在全国和全省相关会议报告，引起强烈反响。已成功申报专利一项。目前一些葡萄酒企业已开始引进和发展山葡萄。这些成绩的取得与钱学森沙产业理论是分不开的。在纪念钱学森诞辰 100 周年之际，再次怀念钱老，感谢他的沙产业理论对我们工作的指导。

甘肃河西沙产业现状评价及发展对策探讨

吴春荣* 徐先英

1984年，钱学森提出了“沙产业”的思想。提倡人类与沙漠和谐共处，绿洲与荒漠共存，努力追求生态和经济的双赢；使沙化治理的理念由以往被动的“因害设防”转向主动的“趋利和防”。上世纪80年代末90年代初，甘肃河西最早起步践行沙产业，开展沙产业的研讨和初级实践活动，利用林农间作、立体栽培、地膜覆盖栽培、大棚温室栽培等技术，发展生产粮棉油、酿酒原料、制种、蔬菜、林果、牧草等绿色植物产品。之后经过众多学者和实践者不断摸索、补充、完善、扩展了沙产业的内涵，发展了沙产业理论。以沙产业创造亿元产值和企业的踊跃进入为标志，其产业化时代已到来。现有的技术怎样组装配套才能使沙产业达到生态和经济的双赢，是实践中急需把握的关键问题。可从考查沙产业的适宜性、可持续发展状态的角度入手来验证沙产业技术组装配套的合适程度。因而，对甘肃河西的沙产业发展状况进行定量分析和综合评价成为必要。而且，客观地总结和评价近几年甘肃河西发展沙产业的经验教训，对促进全国沙产业又好又快发展具有重要意义。

1 甘肃河西发展沙产业的自然基础条件

河西走廊指甘肃省内自乌鞘岭起的黄河以西地区，包括武威、金昌、张掖、酒泉、嘉峪关5市，为南北高、中间低、东西狭长的廊道；拥有石羊河、黑河、疏勒河三大内陆河流域，其水资源总量76.72亿立方米/年；人均水资源量1620立方米，每公顷耕地平均581立方米。

河西土地总面积27.6万平方公里。其中：山地10.73万平方公里；沟谷地0.85万平方公里；土质平地1.24万平方公里；滩地1.24万平方公里；湿地0.46万平方公里；戈壁8.84万平方公里；沙漠2.52万平方公里；耕地1.33万平方公里；水域0.05万平方公里；盐池和硝池0.01万平方公里。荒漠区面积19.73万平方公里；沙漠化面积14.3万平方公里；绿洲面积2.4万平方公里。

河西地区日照长、光质好、热量足、温差大、干燥少雨、蒸发强烈。日照时数2873～3209小时；生理辐射2932～3139兆焦/平方米；年均温7℃～9.3℃，≥10℃积温3388℃～4085℃；年平均降水量180毫米，年蒸发量2000毫米以上。无霜期达145～178天；年平均风速2～4.5米/秒，≥8级风68.5天。

* 吴春荣，甘肃治沙研究所研究员。

2 甘肃河西沙产业发展状况的综合评价与分析

2.1 评价指标的选择与评价指标体系的构建

遵循“客观性、独立性、可比性、敏感性、可行性”的原则，通过罗列指标、筛选调查、频度统计和主成分分析，排除相关，维持独立，选择确定能够描述河西沙产业发展状况各层次状态的单个评价指标；按照“系统性、全面性、精简性”的原则，针对评价对象的特征、发展目标、经营模式分层次构建评价指标体系。

我们通过频度统计和主成分分析，从“产业化”、“科学化”和“生态化”三个方面，确定出由28项现状指标组成的河西沙产业发展状况综合评价指标体系。并采用征求专家意见法确定了各指标的权重及采用标准。

2.2 综合评价结果

我们依据各评价指标含义及其规范的调查方法收集河西地区2005—2009年的相关数据，对数据经过同趋化和无量纲化处理，再采用灰色关联分析法，依据加权关联度综合评价指数对甘肃河西五市的沙产业发展总体水平进行了综合评价。

从28项现状指标的关联度计算结果来看，5市沙产业发展水平排序为：嘉峪关市（Ⅰ）＞武威市（Ⅲ）＞张掖市（Ⅳ）＞金昌市（Ⅱ）＞酒泉市（Ⅴ）。

在产业化效益规模上，酒泉市（Ⅴ）＞张掖市（Ⅳ）＞武威市（Ⅲ）＞金昌市（Ⅱ）＞嘉峪关市（Ⅰ）；在产业化基础结构上，嘉峪关市（Ⅰ）＞酒泉市（Ⅴ）＞张掖市（Ⅳ）＞金昌市（Ⅱ）＞武威市（Ⅲ）；在产业化的赢利发展潜力上，武威市（Ⅲ）＞张掖市（Ⅳ）＞金昌市（Ⅱ）＞嘉峪关＞酒泉市（Ⅴ）；产业化水平与农业基础和工业化程度相关。

在科学化现代装备上，武威市（Ⅲ）＞嘉峪关市（Ⅰ）＞张掖市（Ⅳ）＞金昌市（Ⅱ）＞酒泉市（Ⅴ）；在科学化科技服务上，嘉峪关市（Ⅰ）＞金昌市（Ⅱ）＞武威市（Ⅲ）＞酒泉市（Ⅴ）＞张掖市（Ⅳ）；科学化水平与工业化程度、财政收入和科技投入相关。

在生态资源利用上，金昌市（Ⅱ）＞张掖市（Ⅳ）＞嘉峪关市（Ⅰ）＞酒泉市（Ⅴ）＞武威市（Ⅲ）；生态保护治理上，酒泉市（Ⅴ）＞金昌市（Ⅱ）＞武威市（Ⅲ）＞嘉峪关市（Ⅰ）＞张掖市（Ⅳ）；生态化水平与投入水平、人们（特别是领导）的生态意识相关。

2.3 通过综合评价对河西沙产业发展状况的分析

2.3.1 河西沙产业发展的特点及存在的主要问题

(1)产业化差，发展缓慢。从关联度分析结果看，反映产业结构性指标的关联度均不大，证明河西沙产业发展的工业化、市场化程度并不高，以种植业为主的态势还非常稳固。按一般规律，接近工业城市发展农业产业化是最具优势的。金昌市和酒泉市怎么也应当比武威和张掖两市要强，但是，实际水平及评价综合指数都不及，这证明农业核心地位并未改变，农业依托工业，工业推动农业的链条并没连接好。而武威和张掖两市也正是在发

展农业产业化中注重了农副产品加工业，才提高了他们在沙产业中的经济、市场地位及贡献率。河西的产业化进程还很缓慢，沙产业要真具备一定规模水平，道路还较漫长。

(2)注重治沙，轻视综防。沙产业实质是一种生态产业，如果不讲保护生态这个条件，就会失去存在的意义和价值。从评价权重看，在“生态化”这个占比重最大的准则中，只有一个“沙化治理率”指标的关联度大于 0.12，这证明，虽然大家对生态的关注度是高的，但是实践效果并不能够达到人们的期望。在资源利用效率及生产后的三费治理保护方面做得并不好，生态综合治理的理念并没有较好地落实。特别是，对沙产业而言，其精髓是“多采光、少用水、新技术、高效益”，而河西沙产业在所有评价指标中比重最大的两项“水生产效益”和“光能利用率”的表现水平也并不高，还具有相当大的发展空间和相当大的潜力可挖崛。

(3)重用轻效，陈规淡技。从评价结果看，“有效灌溉的比重”指标的关联度是最高的(0.1637)，证明河西为了保证灌溉，历来注重水利设施建设，在用水泥板衬砌或硬化渠道等方面有较大投入。但是这种墨守成规的做法只是提高了水的利用率，并不能提高水生产效益；而且切断地面水与地下水的交流，增大水污染率，破坏水平衡。应当在推广应用提高水生产效益的先进节水技术上做文章，注重利用先进技术提高光能转换效率，进一步提高绿色植物的产量和生产效率。“地膜覆盖”和“日光温室”生产是沙产业最基本的生产方式，在评价指标中的权重是仅次于“水生产效益”和“光能利用率”的，但是，这两者中“日光温室比重”的关联度稍高一点(0.1216)，而“地膜覆盖比重”就显得太低了(0.1023)，可以说是白色革命“方兴未艾”。

(4)科技正兴，服务欠缺。沙产业是需要高新技术支撑而发展的新型农业产业。这次对采用高新技术的调查因需要专门的评估而无法进行，只采用了科技投入来反映。因河西沙产业规模不大，单从科技投入效果而言，肯定表现出色，而实际上技术创新贡献较小。以河西良种普及率较高为例，虽说与科技推广服务工作出色有关，但是，由于河西走廊是全国的制种基地，这种近水楼台的条件，当然使良种的普及率高得多。而实际上投入的专业技术人员数量严重不足(与标准值的关联度只有 0.0749)。发展沙产业，不仅要抓规模经营，还要注重资金、技术、人才方面的投入，特别是搞好技术推广服务。

2.3.2　河西沙产业发展的优势和潜力

河西走廊气候干燥，光热充足，温差大，农业基础条件扎实，发展沙产业具有如下优势：

(1)具有独特的土地及光热资源优势，在生态保护和建设方面，特别是沙漠化治理、林果、药材生产方面具有丰富经验和先进技术。

(2)拥有长期从事立体栽培的技术熟练的农民。

(3)具有大规模发展苜蓿草产业有利的空间、气候条件和暖棚养殖经验。

(4)具有大麦、啤酒花、葡萄、制种生产的自然条件、经验、技术优势。

(5)具有地膜覆盖和大棚温室生产及无公害蔬菜生产的熟练技术。

(6)拥有掌握节水灌溉技术的生产者。

(7)具有温室生产微藻的初步经验和尝试。

(8)具有发展乡镇企业,特别是农副产品市场化加工经营的成熟经验。

3 甘肃河西沙产业发展对策

3.1 做好规划

3.1.1 战略构想

(1)发展循环经济,实施可持续发展的生态农业战略。沙产业是生态农业产业,节约资源,保护生态是根本,未来的目标就是追求高效光能转换器支撑下的工厂化、市场化运营的产业,所以,最根本的途径应当是发展循环经济,终极目标是实现可持续发展。

(2)实施"基地带动"和"工业化推动"战略。甘肃河西沙产业的产业化程度低,原因就是缺乏工业化的推动和企业带动。所以,要按照有所为、有所不为、集中力量办大事的原则,重点支持优势沙产业项目和沙产业领域的龙头企业。要通过龙头企业抓基地,建设基地促农户,延长产业链条,扩大产业群规模,带动沙产业快速发展;要利用先进的工业技术推动农业的工厂化生产;要通过引进、培育和开发新品,培育甘肃河西的地方特产和市场名牌,使沙产业能为市场提供富有竞争力的商品。同时,要推进城乡一体化,以城带乡、以工促农、城乡互动、协调发展,促进河西沙产业健康发展。

(3)实施"技术与人才促进"战略。沙产业是在生态工程技术、尖端生物技术、产业经济技术等高新技术支撑下发展的新型农业产业。要从实际需要出发,积极构建新的农业技术创新体系,从源头上解决农业高新技术的供需矛盾;提升农业科技含量和装备水平,使沙产业经营发生质的飞跃。要大力推进院地、校地科技合作,加速科技成果转化效率。依靠技术和人才,培育新的经济增长点,走出一条科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源得到充分发挥的新型工业化道路。

3.1.2 发展目标

以"多采光、少用水、新技术、高效益"的技术路线为主,在现阶段内大力发展地膜覆盖和日光温室为主体的设施生态农业;并依靠工业化的带动,逐步地引导沙产业向工厂化生产的未来目标靠拢,最终形成区域化布局、专业化生产、规模化扩张、市场化经营、企业化管理、社会化服务的经营格局。最终达到产业升级,合理利用自然资源和有效保护生态环境,保持持续发展。

3.1.3 重点内容

(1)改进发展大田覆膜的立体种植模式。以高效节水和优化采光为基础内容,采取生物与工程相结合技术,组装配置沙产业初级产业生产体系。以节约资源,提高生产效率作为重点攻关研究,保持"保护现有系统不再退化,再生产过程不再产生新的污染和破坏"这个尺度。

(2)提高完善大棚、温室保护地栽培模式。依托塑料大棚和温室具有节水、汇聚热量和提高光能转换效率的效能，运用生物工程技术、物理和化学工业技术，建立多采光、少用水、新技术、高效益的生态农业生产体系，提高设施农业的整体技术水平与经济效益。在设施建造技术、专用品种、节灌设备、模式化栽培、自动控制、病虫害综合防治等方面力求有创新性的突破和更合理的集成。

(3)开发培育微藻等高能量光合产物工厂化生产模式。以提高太阳能转化效率和培育优质高能量光合产物作为主攻方向。研究解决提高冬季生产温度、高产品系菌种的纯化筛选、光生物反应器的研制、培养基配方优化，降低培养基原料投入量和耗水量、采收干燥技术等各个环节问题。

沙产业的理论基础及其内涵

王　立*

1　沙产业的科学内涵

1.1　沙产业的基本概念

沙产业(Deserticulture)这一概念是由我国著名科学家钱学森院士于1984年首次提出的,其总体思路是"多采光、少用水、新技术、高效益",在"不毛之地"上搞农业,发展农业型产业。他所指的"农业型的产业是指像传统农业那样,以太阳为直接能源,靠地面上植物的光合作用来进行产品生产的体系。"在生产过程中,"一方面充分利用生物资源,包括植物、动物和微生物,另一方面又利用工业生产技术,也就是把全部现代科学技术,包括新的技术革命的成果。不但技术现代化,而且生产过程组织得很严密,一道一道工序配合得很紧密,是流水线式的生产。这就是农业型的知识密集产业。"他认为,"既然说是知识密集型的产业,那就要充分运用自然科学、社会科学、工程技术,以及一切可以运用的知识来组织经营它。"成为"21世纪将要在社会主义中国出现的第六次产业革命"。但总体而言,沙产业是以太阳为直接能源,靠植物的光合作用来进行产品生产的体系。它是充分利用现代高新技术,通过植物光合作用,最大限度固定转化沙漠地区取之不尽的太阳能,发展节水、节能、节肥、高效的知识密集型大农业型产业,是高度知识和技术密集的大农业,是农、工、商综合生产体系。

1.2　沙产业的科学范畴

钱老在1984年提出沙产业概念时,将沙产业定位为农业型的知识密集型、战略性产业。他认为,沙产业的任务是在100年、甚至更长的时间,分阶段逐步改造利用沙漠,积累资金,滚动开发,逐渐达到目标。沙产业不是传统型农业,而是一个知识密集型产业。他对沙产业进一步的阐释是"一方面充分利用生物资源,包括植物、动物和微生物,另一方面又利用工业生产技术,也就是把全部现代化科学技术,包括新的科学技术革命成果,都用上了。不但技术现代化,而且生产过程组织得很严密,每道工序配合得很紧密,是流水线式的生产。""其特点是以太阳为直接能源,利用生物来进行高效益的综合生产,是生产体系,是一种产业。"同时,钱老在提出沙产业概念的同时,对其外延做了界定。他指出,利用沙漠充足的太阳能发电,利用沙漠、戈壁的风力发电,尽管也是一项重大的产业,但不是沙

---

* 王立,甘肃农业大学林学院副院长,副教授。

产业，因为它们都是直接利用太阳能，没有通过植物的光合作用，不属于农业型生产。以沙为原料生产建筑材料，尽管它本身包含着高科技成分，但不属于沙产业。

对钱老沙产业理论的宣传与解释做出重要贡献的刘恕教授，她称"沙产业是一种全新的开拓，是一种创新的思维"。1999 年 8 月在她的《简述沙产业》一文中，对钱老沙产业理论做了最为简明、经典的表述。我们从这个表述中可以看出，刘恕教授尽管对沙产业理论有创造性的发挥，但遵循的是钱老的沙产业理论。在刘恕教授阐述沙产业的论文中，她没有把沙柳加工业、沙漠中药材种植及加工业、沙漠旅游等也算作沙产业，这不是她的疏漏，而是在她认为这不属于沙产业范畴。

在防沙治沙与发展沙产业的关系中，钱老指出"在沙漠、戈壁的边缘地区治沙、防沙、制止沙漠化这件事情是十分重要的……所以治沙、防沙、制止沙漠化工程也是沙产业的组成部分。沙产业则是从已经有基础的防沙、治沙、固沙事业开拓出去，再上新台阶……"。这就是说，防沙治沙是沙产业的基础，沙产业是在此基础上的进一步发展。后来，他在写给刘恕教授的一封信中强调，"这不能绿化的沙漠、戈壁才是真正的沙产业基地。沙产业要比治沙防沙难得多……过去不是沙化的地区，采取人为措施大概是可以治理的；而几百年前就是沙漠、戈壁，对它只能就实际情况开发沙产业，不要轻举妄动！"1995 年，钱老在一次会议的书面发言中指出，"沙产业就是在'不毛之地'搞农业生产，而且是大农业生产。这可说是一项'尖端技术'！……发展尖端技术的沙产业，也就是用现代生物科学的成就，再加水利工程、材料技术、计算机自动控制等前沿高新技术……"。有人将沙产业的特征演绎为："绿化—转化—产业化"。将发展沙产业的目标描述为："生态增绿、农牧民增收、资源增值、企业增效"。这种认识存在一定的偏差，它不全是沙产业的内容，因为它没有体现"多采光、少用水、新技术、高效益"的沙产业基本原则。

2 沙产业的理论基础

2.1 系统工程学

系统工程是"组织管理系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法，是一种对所有系统都具有普遍意义的方法"。沙产业理论体系是由多学科、多行业、多因素构成的若干要素或子系统组成的有机整体。这些子系统之间既具有一定的联系，又有其特定的功能作用，并受到一定的社会、经济、生态资源等外部环境等众多因素的影响，是一个庞大的复杂系统。因此，必须用系统工程的思想去认识问题、解决问题。

2.2 生态学

生态学是研究生物与环境之间相互关系的科学，研究对象包括动物、植物、微生物等各种生物资源，还包括土壤、大气、水、光和热等环境资源。沙产业"多采光、少用水"的思路，从资源的角度讲，就是如何提高光能的和水资源的利用率，在生态学的框架体系下，就是要在提高经济效益的同时，保证水资源的供需平衡，保护生物多样性、防止环境污染和

生态破坏,维持生态系统平衡。这在生态学中是至关重要的。

2.3 生物学

沙产业的生物学科基础包括植物学、动物学和微生物科学,以此为基础的生物工程技术将是沙产业的核心。在沙产业的实践中运用植物生理学和植物生态学理论,可深刻说明植物与沙区环境间的关系:通过研究植物不同生长阶段的功能活动和代谢过程,调节和改善植物生长的环境条件,提高光能利用率,发挥植物的生产潜力。同时通过逆境生理理论,可选择和培养适宜且抗逆性强的植物种类,在植物生产的同时改善沙区环境条件,使植物生产与环境改善相辅相成,实现农林业生产高产、优质、高效的目标。

生物工程主要由基因工程、细胞工程、酶工程等。在沙产业的实施过程中,生物工程的应用主要体现在提高生物产量与品质和制造清洁能源方面。这就是沙产业的"新技术"之一。

2.4 经济学

沙产业的另外一个核心就是"高效益",这种高效益意味着既要有高产出,还要有较低的投入。因此,在沙产业系统设计中,应用经济学理论进行经济核算是必要的。与之相关的经济学理论主要包括生态经济学与产业经济学。在沙产业的实施过程中,必须以生态经济学作为理论基础,研究经济发展与环境保护之间的关系,探讨生态经济复合系统的发展运动规律,制定有利于沙区生态系统和经济系统协调发展的指导规划,实现经济效益和生态效益的统一。生态经济学通过研究自然生态和经济活动的相互作用,探索生态经济社会复合系统协调和可持续发展的规律性,并为资源保护、环境管理和经济发展提供理论依据和分析方法。将产业经济学理论寓于沙产业理论中,有利于通过分析沙产业各个子系统之间相互联系、相互影响的关系,结合市场经济条件下的市场秩序与发展演变规律,探寻适宜的产业组织政策,进行各部门产业组织结构的调整,实现企业组织结构合理化,寻求沙区主导产业,促进沙区经济发展。

2.5 可持续发展理论

可持续发展是"在满足当代人需要的同时,不损害后代人满足其自身需要的发展"。可持续发展理论应用于沙产业,就是指不仅要有生产规模的扩大、经济社会的发展,更要注重协调经济发展与环境保护之间的关系,在发展生产的同时,必须建设沙区良好的生态环境,考虑长远发展和资源的永续利用,合理开发利用资源,达到高产、优质、低耗、高效的目的,促进沙区各种产业综合发展,实现沙漠地区生态系统的可持续发展。

3 沙产业的研究内容

3.1 单项技术研究

(1)生物工程技术。生物工程主要有基因工程、细胞工程、酶工程等。通过对生物工

程中的基因工程技术、细胞工程技术的研究，培育光合效率高、抗逆性强的生物品种；通过酶工程技术研究，对生物的生理过程进行人工控制，使生化反应依据人类的需求方向发展等。

(2)生物化学技术。通过生物化学技术，可研制新型农药，用于植物病虫害的防治；可从植物中提取有效成分，用于人类的新型药品、保健品；还可进行生物的定向培育等。

(3)节水农业技术。农业节水技术可通过两个途径来实现，一是可通过基因工程技术，培育抗旱植物，减少植物的生理需水量，减少对水分的消耗；二是通过开源节流来满足植物的相对需水要求。所谓开源就是可利用污水、盐碱水等难利用的水源，经过人工处理后加以利用；所谓节流就是利用输水技术和灌水设备减少用水量，如利用管道输水、喷灌、滴灌、膜灌等先进的灌水技术，提高水资源有效利用率，节约水资源。

(4)工业及其他相关技术。作为第六次产业革命的沙产业，蕴含着勃勃生机，纳米技术、膜科学等相关科学技术以及某些未知的科学发展，或许都将成为沙产业发展中可利用的技术，这是我们目前无法预料的。

3.2　技术的组装集成

通过单项技术的研究，可在沙产业的实践中，对优质良种技术、节水技术以及包括设施种植和设施养殖技术的设施农业技术等进行组装配套，延长生产链条，增加产品的附加值。

4　结语

通过沙产业理论的研究和逐步实施，提高社会经济生产水平，在提高经济效益的同时，节约资源消耗，保护生态环境，提高人民生活水平。同时，它将改变人们对沙漠、戈壁的传统认识，从单纯的“控制土地沙漠化，固定流沙”这一狭隘思路跳出来，提升到在沙区开发自然资源、发展规模生产、进入市场的高度，为沙区经济可持续发展指出了一条希望之路。

沙产业理论体系的理解和实施途径探讨

李元铭*

"沙产业"(Deserticulture)这个名词,在以往出版的词典中是找不到的,它是一个新的科学术语。沙产业概念是1984年由我国杰出贡献科学家钱学森先生首次在一个学术报告会上提出来的。根据钱学森的观点,沙产业是指在沙漠地区利用植物的光合作用,运用现代科学技术,来组织、优化、提高生物对太阳能的转化率,增加光合作用的产品产量,建立起的知识密集型的现代化农业体系。绿色沙产业是沙产业的深化形式,以绿色和环境保护为核心,是指利用沙漠地区的各种资源,依靠现代科学知识和技术,发展适合于沙漠地区的绿色种植业、畜牧养殖业及其派生的绿色食品产业和药物保健品产业等加工业,建立起的无污染的替代性的可持续发展的沙地绿色生态农业体系。绿色沙产业推行洁净生产技术,如特色农产品高产优质洁净配套生产技术、特色农业无公害综合管理技术,绿色农产品产业化开发与农产品贮藏、保鲜及深加工技术和生态综合整治技术等,组建绿色农产品生产基地。

1 沙产业理论体系

1.1 沙产业的特点和目标

沙产业具有自然资源和生产产品的特殊性、生态环境的脆弱性和生产的不稳定性等特点;沙区交通不便,经济落后,工业化程度较低,环境污染轻,具有发展无污染替代农业的优越条件;沙区光热等自然资源丰富,具有发展果品、畜牧养殖、蔬菜、药材及其他保健品的优越条件,是满足未来食品市场多样性、替代性变化的主要途径;沙产业将成为未来农业不可缺少的组成部分。因此,沙产业建设的目标应该是对农业生态系统各组分进行合理搭配,构成一个物质良性循环,能量多级利用,时空立体经营,"农、林、牧、副、渔、微生物"协调发展的复合生态模式,并通过对废弃物充分利用和对自然资源节约利用,提高自然资源利用效率,保护生态环境,实现沙区农业生态系统的增值与增益;必须从区域社会、经济及自然资源实际出发,应用系统工程方法,以自然资源可再生能力为限度,实现区域生态平衡和自然资源永续利用、经济持续增长并步入良性发展轨道的目的。

1.2 沙产业的核心

沙产业的核心是要集各种适用技术和新技术之大成。利用各种办法,把国内外的、传

---

* 李元铭,甘肃农业大学教授。

统的和最新的应用技术集成，并学习引进、组装嫁接，由单元到系统集成，博采众长，完善和优化集成，就可为沙产业这个开放的、发展着的新兴产业注入活力。沙区土地广阔，太阳能十分丰富，光热条件好，昼夜温差大，这是自然资源的优势，也是东部地区无法比的，而干旱、少雨、风沙灾害严重，土壤瘠薄则成为植物生长的不利因素，这是生物转化太阳能的限制因素。长期以来，由于科技落后，传统农业的经营方式，广种薄收，靠天养畜，生产效益低，以消耗沙区现有资源维持人们生计，特别是人口的增加，超载过牧，资源和土地压力越来越大，结果造成"越垦越穷，越穷越垦"的恶性循环。钱学森同志提出农业型知识密集型产业——沙产业，就是要改变过去落后的传统农业经营方式，充分利用沙区资源优势，采取高科技手段，发展沙产业。这实际是扬长避短。在保护、改善环境实现资源、人口、环境可持续发展的情况下，要充分利用现有各方面有关的科技成果和现代新科学、新技术、新工艺、新材料，改善生物生长的条件，提高太阳能的转化率，达到增产、高效。

要利用生物的特有性能，提高太阳能的转化率。要利用科技手段，改善植物所需的水分、温度、二氧化碳供给量和各种养分条件，提高生物对太阳能的转化率。太阳是一个巨大的能量源，我国每年每平方厘米的土地上能接受 504～840 焦的能量，每公顷土地上 1 年接收的太阳能转变为植物产品不到 1%。太阳能是用之不竭的能源，我国北方大部地区无霜期仅为 120～160 天，大田作物不能利用冬季里过半时日的阳光。如果用透光的塑料膜做一个大棚，就能在冬季变农闲为农忙，使这块土地上的太阳能更多地被固定下来。中国西北干旱、半干旱地区，即内蒙古西部、宁夏北部、甘肃西北部，新疆东南部的太阳能辐射总量是一笔巨额的财富。所以，利用沙漠、戈壁广阔土地上的太阳能源优势，发展沙产业的潜力是巨大的。

1.3 沙产业的理论基础和技术路线

沙产业是农业型的新兴产业。沙产业的基础理论是生物工程学、生态经济学和产业经济学。通过系统工程学的组装、配套、科学运营，将现代的物理、化学、生物学等有关方面的高新技术，用于沙产业的各环节。特别是近年来，生物育种、遗传基因、生物化学、生物物理等科学的快速发展，促进了农业、林业、牧业的大发展，为沙产业的形成创造了良好条件。另外，与沙产业相关的科学还有地理、地貌学、信息资源学、农业、林业等。因此，沙产业是一个跨学科、跨地区、跨行业与相关产业相互交叉的产业。自钱学森提出沙产业设想后，20 多年来各地根据沙区的资源特点，在实践中创造了"多采光、少用水、新技术、高效益"的技术路线。"多采光"是指把太阳能量最大限度地采集下来，这也是沙产业的真正要义；"少用水"是指对天然降水合理、精确、节约使用，这是在干旱、半干旱地区实现稳定发展的关键所在；"新技术"是指把新材料、新技术、新工艺吸收运用起来，才能摆脱传统落后农艺的生产力束缚。发展沙产业没有高新技术的运用，就失去了知识密集型农业的真正意义；"高效益"是指创建沙产业的出发点，即最终综合评价沙产业的经济指标。阳光是地球表层生态系统的能源，光合作用是这个巨系统能源的"入口"，把万象之源的能量最大限度地采收下来，就是沙产业的要义。合理利用天然降水和降水变成的径流以沙产业如

何应用渗人地层的地下水，是在沙漠地区求发展的关键技术。新材料、新技术、新工艺，包含了当代科学技术和技术的进步，这些知识的投人，能摆脱传统农业对生产力的束缚。沙产业是知识密集型的大农业，没有高新技术的应用，沙产业就失去了生命力。高效益是一个综合的也是最终的评价沙产业的经济指标，这是创建沙产业的出发点也是最终的归宿。

2 沙产业建设基本思路

2.1 分区发展

当前我国的沙产业建设重点在干旱的南温带、中温带地区即沿黄河一线经河西走廊至新疆，归属为农牧交错带退化草地生态系统和荒漠绿洲带干旱荒漠生态系统两大类型。

对农牧交错带退化草地生态系统而言，在加速防沙造林种草步伐的同时，有步骤分阶段地调整土地利用结构，以发展高效的农林复合生态系统来缓解粮食不足问题，在人工草地和改良退化草场基础上建立以舍饲为主体的高效畜牧养殖业；对荒漠绿洲带而言，绿洲面积虽然只占干旱区总面积的4%～5%，却集中了干旱区绝大多数的人口，干旱区的发展问题实质上是绿洲的发展问题。我国干旱区内陆河年均水资源量达1200亿立方米，水资源相对丰富，为开发提供了条件，应成为沙产业向外发展的基地。同时也应看到，该区能够利用的再生性水资源量仅占很小部分，应注重沙区土地及水资源综合利用技术，大力发展节水农业，通过生物、工程以及机械措施保护好绿洲边缘现有天然荒漠植被，建设乔、灌、草合理配置的防风固沙林带，注重解决农、林、牧复合生态系统可持续经营技术。

2.2 以生态农业为基础，大力发展现代设施农业

我国的农业面临严重的挑战：一方面人们对农产品的质量和数量不断提出新的要求，另一方面生产这些产品的环境又面临着破坏和资源减少的压力。人均0.08公顷的耕地仅为世界平均水平的1/3，而且近10年来以每年36万公顷的速度递减；2100万公顷农田受荒漠化的危害；179万公顷耕地存在不同程度的水土流失。在年均降水200毫米以下的干旱沙区，若无灌溉条件，旱作农业没有保障，不能采取广种薄收的粗放经营方式，应按生态农业的基本要求，全面规划，调整土地利用结构，在水源保证区建设高产水浇地即基本农田和基本经济林地，在半农半牧地区建设基本草地及相应的节粮性畜牧产业化基地，以此作为沙区生态系统得以良性发展的基本保障。在此基础上有计划地退耕还林还草，营建防护林体系，切实保护荒漠植被。生态农业应成为沙业建设和沙产业开发的主要途径。

2.3 发展适合沙区的畜牧养殖业

在沙区进行农业结构调整和实施退耕还林还草的基础上.应建立养殖业生产基地。通过改良牲畜品种，发展人工饲料和饲料工业，控制牲畜存栏规模，严防超载过牧，倡导舍饲，逐步提高饲养管理水平。上世纪90年代初，我国畜牧业的重点已调整到农区。沙区

的养殖业是生态农业的重要组成部分，要利用基本林地、草地和农产品剩余物重点发展特有经济、药用动物，如黄羊、艾虎、沙狐、沙猞猁和骆驼等都适于在沙漠地区繁殖发展。

2.4 逐渐形成市场机制引导下的有效管理

沙产业的创建和形成，将是一个不断完善的过程。这个过程可体现为若干阶段。必须把现实性和可操作性放在首位，把现在的立足地作为出发点。追求实效的产业管理策略是健康发展的关键。

(1)自主经营机制。沙产业发展的推动力，关键在于地区领导人、技术人员和第一线的生产者对沙产业目标、手段的理解程度，特别是其和利益与责任的密切联系程度。当领导和群众认识到沙产业可以为他们带来实惠时，一种自主经营机制会推动沙产业日趋完善，健康发展。

(2)龙头技术。当务之急是把国内外在干旱、半干旱地区以及滨海沙地上已经成熟的技术有计划地引进、移植，就地消化吸收后加以拼接，特别要重视以色列的"欧洲的冬季厨房"和日本的沙地利用，温室和滴灌是他们的龙头技术。

(3)优先项目。利用农村致富函授大学的成功经验，集示范、培训、技术推广为一体建立示范中心，以提高沙区太阳能光合效率和节约用水为目标，在内蒙古、甘肃河西走廊和新疆建立的沙产业示范基地，应作为沙产业创建的优先支持项目。

3 沙产业实施途径建议

在沙产业开发过程中存在诸多问题，例如：水资源供需矛盾突出，土地利用结构不合理，资金和科技投入不足，缺乏激励机制等。针对以上问题，提出如下沙产业实施途径的有关建议。

3.1 采用节水、抗旱、集水技术，加强基础设施建设

大力推广节水、保湿技术，以及滴灌、喷灌、渗灌、微灌等灌溉技术。实施保水抗旱技术，推广生根剂和无土栽培等技术。修建连环水窖、蓄水池、集雨场等集雨蓄水设施，发展灌溉农业。在沙地果园采取覆草措施，减少无效蒸发。兴修沙区水源水利工程，修好沙区道路等基础设施。

3.2 采取各种环保措施，加强环境保护

加强管护工作，及时更新补植林草。进一步推行禁牧，实行舍饲养殖和半舍饲养殖，或推广围栏放牧，协调好禁牧、休牧和轮牧的关系。因地制宜，草灌结合，禁止植被破坏，保护沙生植被和草原植被。完善法规制度，严格处罚各种破坏行为。通过退耕还林还草，调整人-地关系，调整土地利用结构、产业结构来抑制和修复侵蚀环境。加强绿色环保教育，提高沙区人民的环保意识，构建绿色生态农业体系。

3.3 加大科技投入,多渠道筹集资金

加大科技投入力度,加强科技攻关和技术服务,尤其是绿色科学技术。建立各种类型的科技示范户,推动实用新技术的应用。建立培训基地,加强管理人员、科技人员和沙区人民的科学技术培训工作。以科技为先导,开发研制沙区名、优、特、新、绿色产品,发展特色畜牧养殖业,广泛引种驯化,培育抗盐耐碱干旱的优良物种。拓宽投融资渠道,全方位、多渠道筹集资金,形成以个户、联户投入为主,国家投入为辅,银行信贷补充的多元投入机制。

从“沙产业”到“砂产业”

——仁创科技集团的探索与实践

秦升益*

人类社会发展到今天，工业文明面临着难以逾越的瓶颈——资源短缺。尤其是沙漠化不断扩张造成的土地日益减少，水资源日益匮乏，石化能源日益枯竭，加之地震房屋损毁、火灾频发、粮食危机……给人类发展带来巨大挑战，而我国尤为严重。

怎么办？

20 世纪 80 年代初，我国著名科学家钱学森提出了“沙产业”的重要论述，构想在沙漠戈壁以技术进步为依托，发展农林生产，形成知识密集、技术密集、高效能的产业体系，被有关方面称为“第六次产业革命”。钱老对“沙产业”还有这样的憧憬：“沙漠戈壁成了取之不尽的地面油田，那真是沙业的大发展了”。

在钱老科学精神的鼓舞和沙产业构想的启发下，我认为应该依靠自主创新，从两个层面同时并举：(1)把人们认为是资源的，通过技术创新以最少量地使用和重复利用自然资源为人类创造物质财富，发展循环经济；(2)把人们认为不是资源，是废物、有害之物的，也通过技术创新，变废为宝，化害为利，使废物变为资源，如沙漠中的沙子。从而，使有限的资源相对无限化，以突破资源短缺的瓶颈。

仁创科技集团秉承“您的需要，我的创造”创新理念，以沙漠中沙子研究为切入点，原创性发明 200 多项完全拥有自主知识产权的科研成果，并自主产业化，创造性形成“以砂精铸、以砂兴水、以砂增油、以砂治沙、以砂建筑、以砂兴农”为代表的解决问题方案，是以“用沙”为标志的战略性新兴工业型“砂产业”开拓者。2005 年 12 月 21 日，胡锦涛主席察看仁创砂技术产品时称赞此为“利国利民之举”。2009 年 12 月 12 日，全国人大常委会副委员长、中科院院长路甬祥考察仁创砂产业时欣然题词“变沙为宝，造福人类”。

1　探索——面对“用沙”难题，主动出击，展开研究，寻求突破

我国沙漠和戈壁大约 16 亿亩，和农田面积一样大。人们历尽艰辛谋求生存发展，但由于干旱沙漠自然条件严酷，贫困和天灾常与其相伴。长期以来，防治沙漠化，综合治理荒沙都是我国的重要任务。面对浩瀚沙漠，不得不“望漠兴叹”。沙漠化问题一直都是我国现代化发展进程中亟待解决的难题。在沙漠这个令人望而生畏的地区，世界各国都期

* 秦升益，北京仁创科技集团有限公司董事长。

望把看似“取之无尽”的“沙子”变成为人类带来福祉的资源。多年来，美国、俄罗斯等国家，在传统防沙治沙的同时，也在沙子的工业化利用方面做了许多研究，例如用沙子制造纤维、制作人工大理石，还有其他国家尝试用作建筑、环保、防护材料等等，都未形成真正意义上的产业。我国在用沙方面的研究起步较晚，以沙为原料的工业化利用仍是摆在中国面前亟待解决的难题。

沙漠中的风积沙颗粒细小，粒径 90%以上分布为 100～200 微米，粘结成型难，如何利用风积沙是一项世界性难题。因经常与沙子打交道，我经过考察论证和深入思考，主动在“用沙”上做文章。1985 年，我大胆地提出了用我国内蒙古沙漠上的风积沙取代从澳大利亚进口的锆英砂做精密铸造材料的设想，没想到迎来的是一片冷嘲热讽，认为这项技术“美国人都攻克不了，一个中专生是在做梦”。但我矢志不渝，历经 900 多个日夜，利用 9000 多公斤沙子，6000 多次试验，终于研制出“耐高温覆膜砂”，在国内某厂家运用后，性能比进口的“洋砂”还要好。当时进口锆英砂每吨 7000 元，而内蒙古沙漠中的石英砂每吨售价只要 10 元。我自主创新攻克了风积沙三大共性技术难题：微颗粒全包覆技术、沙粒界面改性技术、免烧结成型技术。这三大共性技术目前依然处于国际领先水平。

我凭借执著的科研精神实现了技术的突破和创新，重新发现了沙漠中荒沙的价值。受到钱学森关于“沙产业”论述的启示，我开始思考已经成功的有关风积沙的技术突破能否为中国以沙土治理为目标的“沙产业”做出贡献？1992 年冬在邓小平南巡讲话精神的鼓舞下，我怀着一颗赤诚的报国心和强烈的社会责任感，带着自己的发明成果和从朋友处借来的 3.5 万元钱，来到北京中关村，从三间小平房、一口大铁锅起步，开始了仁创“砂产业”的创业与创新之路。

2 实践——小沙粒通过高科技，初步实现“用沙”为标志的战略性新兴“砂产业”

钱老提出的“沙产业”强调利用阳光，以阳光为直接能源，靠植物的光合作用产出物质产品的农业生产过程。1991 年 3 月 11 日至 13 日，在北京召开了首次以“沙产业”为主题的研讨会，钱老在会上说：“我在 1984 年冬提出来的是农业型知识密集型沙产业。”钱老提出的这个理论，到今天已经开花结果。从河西走廊戈壁上万亩葡萄种植，到宁夏中卫、内蒙古鄂尔多斯等地沙漠中利用现代农业技术形成的新型农业新绿洲便是例证。

仁创科技集团在“沙产业”理论启发下，以沙子为研究对象，从“用沙”着手，通过技术创新，将“沙”转变为可利用的“砂”，再通过技术创新，研制出各类“砂产品”，又通过系统集成，提供系统的“解决问题的方案”，从而形成一条“以砂精铸、以砂兴水、以砂增油、以砂治沙、以砂建筑、以砂兴农”的价值链。在这个链条中，仁创整合上下游优势资源，有效带动了相关行业和区域发展。

(1)把沙漠中的风积沙加工成新型精密铸造材料——覆膜砂，实现“以砂精铸”。世界先进汽车机型缸体、缸盖的生产原材料都离不开覆膜砂。在上世纪 80 年代，我国用于制

造覆膜砂的原材料锆英砂需要从国外进口。我研制出的“耐高温覆膜砂”，解决我国复杂薄壁精密铸件的生产难题。从手工作坊发展到机械化，如今从技术、工艺到装备全部是原创性发明，并实现了自动化。以前使用锆英砂来生产覆膜砂不但价格昂贵而且有放射性危害，使用石英砂则具有廉价、无污染、储量丰富、可重复利用的优点，填补了国内外空白。我原创性发明并命名的“覆膜砂”技术产品荣获中国机械电子工业部科技进步一等奖、国家发明奖、中国专利金奖等。目前这种覆膜砂技术已经用于生产覆膜砂和快速固化覆膜砂两个系列总共10大类的37种系列产品，后者不仅畅销一汽、二汽、北京现代等国内知名企业，还销往东南亚和欧洲，使传统铸造材料升级换代，90%以上的国产化汽车发动机关键铸件均采用仁创覆膜砂生产而成的。

(2)把沙漠中的风积沙加工成新型透水建材——生泰砂，典型代表产品：砂基透水砖、砂基雨水收集系统、砂基过滤膜，实现“以砂兴水”。我利用“破坏水的表面张力”的透水原理，研发出“砂基透水砖”技术，有效解决了传统透水砖“透水与强度”、“透水与保水”相矛盾的世界性难题。该技术被评为“2006年度建设部节能省地型建筑推广应用技术”。利用此技术研制出的生态砂基透水建材，其各项力学性能、透水性能指标均完全符合《透水砖行业检测标准》(JC－T945－2005)，同时由于产品原材料的独特性，还具有以下特点：①微米级空隙透水，其孔径小于一般灰尘直径，不易堵塞，且具有过滤净化功能；②接通地气，下雨不湿鞋，下雪不结冰；③使用寿命结束后，可再生成新的砂子，实现循环利用。建设部科技司评审“生泰砂基透水砖的水渗透原理和成型方法为国内首创”。解决了透水与过滤净化以及雨水储存保鲜的世界性难题，并为农田水利灌溉提供系统技术解决方案。成功运用奥运工程、中南海办公区、国庆六十周年长安街改造工程、上海世博会中国国家馆、天津生态城等重点工程等。以砂基透水砖为部件，研发出雨水收集渗透系统——“仁创井”、雨水收集储用系统——“仁创泉”、“GSMBR硅砂膜组器”污水处理系统、餐厨垃圾“硅砂离心脱水”技术，可实现“雨水零排放”、“污水零排放”、“餐厨垃圾零排放”。

(3)把沙漠中的风积沙加工成“透油不透水”的新型压裂支撑剂——选择性孚盛砂，实现“以砂增油”。我发明的“油田用系列压裂覆膜支撑剂技术”经北京市科委鉴定，该项技术总体水平达到国际先进水平。采用反应性覆膜技术制备出石油开采用压裂支撑剂——孚盛砂系列产品，主要包括：①FSS-Ⅰ型孚盛砂，可替代陶粒，用于油、气井压裂；②FSS-Ⅱ型孚盛砂，可用于防砂或尾追压裂；③FSS-Ⅲ型孚盛砂，具有透油阻水性能，可有效降低石油采出液中含水率；④FSS-Ⅳ型孚盛砂，具有优异的透气阻水性能，主要用于开采天然气、煤层气等。目前孚盛砂系列产品已在国内20多家油田得到推广应用，受到了业内好评。孚盛砂不仅是石油压裂支撑剂，也是替代陶粒(制作过程需要烧结且消耗铝矾土等矿产资源)降低能源消耗的解决方案；是降低石油采出液含水率等问题的解决方案。产品经过大庆油田、胜利油田和中石化华东分公司等油田的应用，平均单井提高产量2.3吨。孚盛砂的推广应用，被石油界专家称为“石油支撑剂领域的一场革命”。

(4)把沙漠中的风积沙加工成“透气不透水”的生态保水材料——透气防渗砂，实现

“以砂治沙”。我在“选择性渗透”技术基础上，发明了具有呼吸功能的新型生态防水保水材料——透气防渗砂。该系列产品在保水的同时具有接通地气功能；防渗的同时具有呼吸功能，增加水体溶解氧，有利于植被生长，可广泛应用于沙漠种植、盐碱地改造等农林领域。在内蒙古、宁夏、新疆等沙漠(化)地区进行的种植试验表明，使用透气防渗砂后，树木成活率均可达到95%以上；在宁夏、解放军总后勤部大兴基地等进行的节水农业试验也获得了成功，采用透气防渗砂的沙漠设施种植可比未采用的传统种植节水 45%，同时增产 65%。透气防渗砂系列产品可有效解决沙漠种植、沙漠设施农业的保水、增产问题，为沙漠综合治理提供了现实可行的解决方案。该项技术有望解决沙漠种植的世界性难题，使沙漠变为绿洲。

(5)把沙漠中的风积沙加工成硅砂生态建材，实现“以砂建筑”。我发明的以沙漠中的风积砂为主要原材料，研制出硅砂生态建材系列产品。主要包括：①墙体砖、地基系统、屋顶防渗保温系统、承重系统等建筑材料；②门窗、室内外挂板、地砖、吊顶、砂基家具等硅砂室内外装修材料；③室内园艺与家庭绿色蔬菜种植、砂宣纸等砂文化产品等。用这些产品系统集成的硅砂生态住宅具有低碳、生态环保、保温、隔热、抗震、防火、净化室内空气等优异性能。如今已研制成功的“膨化保温砂”，明火烧不着，可替代现有的聚苯与聚氨酯保温材料，将有效解决保温与防火的矛盾；研制成功“硅砂节能保温砖”，替代粘土砖，将有效解决粘土砖禁而不止的难题；研制成功的硅砂钢管混凝土及其建构，大大提高了抗震等级；研制成功的门窗桌椅等硅砂生态家具，替代木材，保护了森林。上述系统集成已在密云经济技术开发区建设完成了生态硅砂建筑示范楼。

(6)把沙漠中的风积沙加工成透气不渗水能呼吸的硅砂生态花盆——仁创紫砂，实现“以砂兴农”。我在保水透气砂技术基础上，利用流体态材料可塑性强的特点，发明了硅砂生态花盆。这种生态花盆底部无孔，可以保持居住环境清洁；同时具有透气、保水、防渗、保肥功能，促进植物根部的呼吸作用和吸收作用，利于植物生长。可应用于室内景观装饰、观赏花木养殖等领域。专家认为，该技术产品能够有效利用空间，实现立体式摆放种植，可促进景观农业等的发展。另外，也可以应用于城镇居民楼阳台、楼顶花卉、蔬菜等的种植，把“阳台变成生态小菜园”。

小沙粒通过高科技，形成了大产业，为节能减排、低碳经济、生态文明提供了系统的技术和产品支撑。从“沙产业”到“砂产业”，初步实现了从传统的第一产业向第二产业的跨越。从某种意义上说，“砂产业”也是一场深刻的技术革命。

3 体会——自主创新，从“沙产业”到“砂产业”，实现科学发展

3.1 以需求为导向，自主创新，系统创新

面对“沙漠化、水资源短缺、能源枯竭”以及汶川大地震大量房屋倒塌等问题，以用“沙”为研究切入点，20 多年来开发出 200 多项专利，获得授权 60 多项，PCT 国际专利申

请11项，国外授权专利3项，专有技术20多项，获得国家发明奖、中国专利金奖等国家级奖励3项，部级科技进步一等奖等省部级奖励4项，主持制定行业标准2项，企业标准8项，参与制定国家工法1项；获得"沙—砂—砂产品—系统集成"创新成果，形成"以砂精铸、以砂兴水、以砂增油、以砂治沙、以砂建筑、以砂兴农"等解决方案，开创出全新的战略性新兴产业——"砂产业"。

仁创科技集团根据十多年的发展，总结出了创新"八要素"：自信是创新的首要前提；转变观念是创新的充要条件；满足社会需求是创新应有的目标；创新主体加强自身修养是创新的根本保障；创新仍要发扬艰苦奋斗的精神；创新要大胆想象、勇于实践；只有系统创新才能持续创新；消费者的积极支持是创新的不竭动力。

3.2　重视企业创新型文化建设并浓缩于"仁创"字号

中华民族传统文化的源头是易经，易经的关键是乾坤二卦，乾坤二卦的要旨是其卦辞——"天行健，君子以自强不息；地势坤，君子以厚德载物。"何为厚德载物？我认为富有仁爱之心才是厚德载物，即厚德载物为仁；何谓自强不息？只有不断创新才是真正意义上自强不息，自强不息为创。"仁"同时又是儒家思想的核心，而儒家思想又是传统文化的主体；创代表现代意识，体现着现代科技精神。进一步确定"仁"为目的，"创"为手段。这是基于传统意义上，仁者，爱人也。何为爱人？我认为只有致力于最大限度地满足人的合理需求才是爱人的真义。而人的需求，即使是合理的部分也可以说是无限的，但资源是有限的，怎样使有限的资源来满足无限的需求呢？我认为只有通过技术创新，以最少量地使用和重复利用自然资源，使有限的资源相对地无限化，来为人类创造物质财富，才有可能最大限度地满足人的合理需求，实现"仁"的目标，即"创"只是手段，是为了实现"仁"这一目的。

以"仁"为目的，以"创"为手段，实现目的与手段的统一，人文与科技的结合，为人与做事的准则。

3.3　科工贸一体化与相关性多元化发展，实现从创新到创造的升华

以'仁创'为核心的这种创新文化，形成了形成仁创特色的的流水线式创新创造模式。即"创意—试验—中试—产品化—市场化—产业化"。通过从创意到产业化的过程，才能满足社会的需求。我们办企业的目的首先是以自己发明创造的产品满足社会需求，解决社会难题。企业也需要利润，但利润的来源是有效满足社会需求的回报，获取利润只是手段，是为了使自己生存发展得更好，以在更高层次、更大范围内进行新的创新，来满足社会更大的需求，解决社会的难题。

"仁创自主创新创造模式"带来了"加速度"效应。自主创新科研成果由原来"几年一项"到"一年几项"，再到如今"几天一项"。首创石英砂替代锆英砂用于精密铸造的耐高温覆膜砂技术与产品；首创大幅度提高石油产量降低含水率的选择性支撑剂技术与产品；首

创以风积沙为原料的砂基透水砖技术与产品；首创集收集、过滤、储存、保鲜、回用于一体的雨水利用系统技术与产品。攻克多项风积沙利用技术世界性难题，填补多项风积沙利用技术与产品的国际空白。成功解决美国、俄罗斯等发达工业国家多年来一直攻而未克的技术难题。

随着国家大力培育和发展战略性新兴产业政策的出台，仁创科技集团凸显的创新优势和节能环保新材料的技术优势将会为"砂产业"的发展带来新的生机。

沙产业理论与河西走廊绿洲农业发展模式探讨

吕　彪* 许耀照　闫　芳

1　沙产业理论及其实践

1.1　沙产业理论的提出

20世纪60年代至70年代，钱学森曾在内蒙古西部的额济纳旗参加我国火箭、导弹发射试验。他利用业余时间考察了周边的沙漠戈壁，发现“沙漠戈壁并不是一片荒凉，而是有不少其他地方没有见到的动、植物”。他觉得“戈壁不完全是不毛之地，关键是我们要经营，用科学技术来经营管理”。他看到西部环境的贫瘠恶劣和人民生活的艰难困苦，深入分析了内蒙古、甘肃干旱沙漠地区农业气象资料、土地资源特征，指出那里不仅具有发展农业生产的制约因素，也具有独特的自然优势。由此钱学森便萌生了要“用科学技术改造沙漠戈壁，让沙漠戈壁为人类创造财富”的想法。1984年，他应邀在中国农业科学院第二届学术委员会会议中作了题为《第六次产业革命与农业科学技术》的学术报告。1984年8月20日，钱学森公开发表了《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》一文。正是在这篇文章中，钱学森首次提出了“沙产业(Deserticulture)”的概念。之后，钱学森多次 对沙产业进行了论述，这些论述进一步发展和丰富了钱学森的沙产业理论。

什么是沙产业？钱学森解释说，“沙产业就是在不毛之地上搞农业生产，而且是大农业生产，是一次尖端技术”。也就是说，沙产业是充分利用戈壁滩上的日照和温差等有利条件，以太阳为直接能源，靠植物的光合作用来进行产品生产的体系。沙产业源于甘肃，最早也是在甘肃河西走廊开展实践的。

1.2　沙产业理论在河西走廊的实践发展

自1991年北京香山召开的第一次沙产业研讨会、1994年中国科协促进沙产业发展基金会筹备组在北京召开的纪念钱学森建立沙产业理论十周年学术研讨会后，张掖市山丹县以沙产业理论为指导，于1994年率先在清泉乡拾号村戈壁滩修建节能日光温室235座，以换基土和无土栽培的模式，采用井水进行滴灌等灌溉方式，种植精细蔬菜，单棚产值达1.2万元。探索了“多采光、少用水、新技术、高效益”的沙产业技术路线，建立了全国首

---

* 吕彪，河西学院农业与生物技术学院副院长，教授。

个沙产业示范区，为沙产业在河西走廊的实践开辟了道路。此后，中国科协、林业部和甘肃省政府以 1995 年在河西走廊召开的第一次沙产业开发工作会议为起点，选择河西走廊张掖、武威等地建立了试验点和示范基地，开始沙产业实践与发展。

2 沙产业理论指导绿洲农业发展的内涵

沙产业理论涉及了系统工程、现代科学技术体系、农业科学、生态学、生物学、经济学、环境学、可持续发展理论等多个领域。通过应用系统工程研究的方法，可对沙区各种相关的高新技术进行合理管理与配置，达到系统整体综合最优的策略，优化产业结构，达到高产、优质、低耗、高效的目的，实现沙漠地区生态、经济系统的可持续发展。

2.1 沙产业理论是发展现代农业的战略性和前瞻性理论

钱学森提出第六次产业革命的战略性，在于他所强调的以生物技术作为科技支撑，把生态建设、经济建设、社会建设和人文建设紧密结合，集大成，得智慧。钱学森提出第六次产业革命思想的前瞻性，在于他提出的以生物技术为核心的大农业革命，是以太阳为能源，利用生物、水和空气，通过农、林、草、畜、禽、鱼、工、贸等密切结合的知识密集型产业的革命，它具有综合性、系统性和复杂性的特点。运用生物工程创造的转基因作物和农畜新资源产品，将以其高产、低耗、高抗性、不污染环境而成为现代农业的重要组成部分。我国沙漠、戈壁和沙漠化土地有 150 万平方公里，这就决定了我们不能不发展沙产业，不能不发展“大农业”。因此，可以说第六次产业革命是一个伟大的预见，实际上给中国沙漠开发、农村建设以及中国经济和社会的发展指明了方向。也正是在这一点上，钱学森的沙产业理论凸显了其战略性和前瞻性。

2.2 沙产业理论促进沙区资源永续利用

太阳能是取之不尽，用之不竭的能源，是地球表层的万事万物充满生机和不断运转的最大的动力来源。钱学森指出 ：“农业型的产业是指像传统农业那样，以太阳为直接能源，靠地面上或海洋里的植物光合作用为基础，来进行产品生产的体系”。“在我国的地面上，每年有 120～200 大卡/平方厘米的能量，也就是每亩每年接受太阳的能量相当于 114～190 吨标准煤。这是农业型产业得天独厚的优势”。“太阳光还能在地球上转化为风力和水力资源，农业型产业也要利用风力和水利发电用于生产”。

在人类与沙漠的关系上，1984 年钱老在国内第一次提出换一种思维看沙漠，化害为利，“寓环境保护于科学利用之中”。钱学森的沙产业理论认为，过去代表着“死亡之海”的沙漠不再完全是人类的天敌，它是一种资源，这种资源有着其他地方的土地资源所不具备的优势，那就是阳光和土地资源都很充沛，人类完全有能力最大限度地用活它。钱学森还认为，沙漠不是一般的土地资源，它可能成为第六次产业革命的发源地，因为第六次产业革命中的五类产业（农业、林业、海业、草业、沙业）都是要从沙漠做起的。沙产业理论突破

了传统的植树造林，是沙漠观的一场革命。沙产业的本质就是经营和利用沙漠，把沙漠作为资源和朋友，而不是“谈沙色变”，这种经营和利用也不是掠夺式而是充分利用沙区太阳光，用现代科学技术包括生物技术改善沙漠、戈壁地区干旱少雨的劣势，积极发展农业生产。总而言之，在钱学森的全新认识中，沙漠首先是一种资源，是人类的朋友，是人类财富的创造地和发源地，我们大家要跟沙漠和谐相处、和谐沟通。在这个层面上，钱学森的沙产业理论为我们拓展了人类生活的空间，给我们提出了一个全新的沙漠观——人类的新沙漠观，或者说科学沙漠观。

2.3 依靠现代科学技术思想发展农业

钱学森从系统科学理论的宽广视域出发，认为我国农业发展必须用现代系统科学作指导，要与现代科学技术相结合，将传统农业变成一个综合传统农业、加工技术、新型产业和优化人类生存环境的现代化大农业。钱学森指出：“要提高农业效益，一方面要充分利用生物资源，包括植物、动物和微生物，另一方面又利用工业生产技术，也就是把全部现代科学技术，包括自然科学、社会科学、工程科学以及一切可以运用的现代知识，还有新的技术革命，都用上去。不但技术现代化，而且生产过程组织得很严密，一道一道工序配合得很紧密，是流水线式的生产。这就是农业型的知识密集产业。它是一个值得重视的方向。它已经不是传统的农业了，而是一种生产体系，一种产业，其特点就是以太阳光为直接能源，利用生物来进行高效益的综合生产”。正如刘恕所言：“充分运用现代化技术和新技术革命成果，是沙产业的内核”。钱学森认为，传统农业落后的原因，主要在于农业生产简单粗放，缺少中间利用环节，使现代科学技术无法在农业生产中贡献效益。他说：“首先我们要考虑的是要提高农业的效益，如何充分利用植物光合作用的产品，尽量插入中间环节，生产有用产品”。发展农业型知识密集产业是改造传统农业，实现农业现代化的根本途径。钱学森在 20 世纪 80 年代初就大力提倡利用现代生物科学技术服务于农业。他说：“科学研究中的又一大课题是发展新技术革命的生物工程技术，如细胞工程、酶工程、遗传工程等，为农业型的产业服务，大大提高生物生产的经济效益和对生产有用的生物功能，以至创造新的生物”。他还强调说：“既然说是知识密集的产业，那就要充分运用自然科学、社会科学、工程技术，以及一切可以运用的知识来组织经营它，这方面的工作量是非常大的，我们要在吸取全世界的先进经验和科学技术的同时，组织我国自己的力量，包括各高等院校、各科学研究机构、中国农业科学院、中国林业科学院、中国科学院、中国社会科学院等来共同攻关”。正如钱学森所说：“创建农业型的知识密集产业所引起的生产体系和经济结构的变革，将成为 21 世纪在社会主义中国出现的第六次产业革命”。因此，我们要建立健全适应新形势要求的农业科技服务体系，使科学技术真正与农业生产有效结合，真正把现代农业科学技术渗透、推广、普及到农业生产、经营、管理、加工、流通的各个环节。同时，发展农业型知识密集产业对农业从业人员也提出了特殊的要求，即高等学校要大力培养农业型产业专门人才和对农民的教育培训。这是发展农业型知识密集产业的

必要条件。

2.4 用系统工程理论指导农业发展

钱学森长期关注我国农业发展问题，早在1980年他和年轻学者张沁文就提出了农业系统工程理论，全面系统地分析了我国农业发展存在的问题和解决的对策。钱学森指出："农业就是利用太阳光的能量，通过生物转化，生产人们需要的东西，即人们所需要的食物、工业原料和生物能源(如有机质发酵搞沼气、薪炭林)；又通过生物本身的存在(如森林、草地)，改造自然，创造一个人类和生物本身所需要的理想的环境"。我国现代农业已经不是传统意义上分散经营自给自足的单干农业，必须走全面发展、综合利用的道路。现代农业生产从制种、生产、管理、贮存、加工、经销等环节都是层层相连、环环相扣的复杂系统。若要系统达到整体效益最佳，系统的每一环节都应该是结构功能良好的。任何一个看似次要的环节或子系统的功能出现矛盾和问题都可能影响整个系统的功能。钱学森指出："农业是一个巨大而复杂的系统"。"一方面充分利用生物资源，包括植物、动物和微生物；另一方面又利用现代工业生产技术。把全部现代科学技术，新的技术革命的成果，全部用上。不但生产技术现代化，而且生产过程组织严密，各道工序配合紧密，是流水线式的生产"。他认为，"在现代农业的组织管理中应用系统工程，能在创造人所要的高效能的生态系统中找到最佳的发展过程，达到最优的综合效果"。这种大农业思想是钱学森用系统工程理论指导我国农业发展的一个重要思想，对指导我国农业发展有重要的现实意义。因此，钱学森说："农业型的知识密集产业的创建还不只是这些产业自身的问题，工矿业要跟上，原材料也要跟上，还有交通运输业、通讯情报业、教育文化事业，以及商品流通、城乡建设和生活服务等"。

3 沙产业理论指导下河西走廊绿洲农业的发展模式

3.1 节水型农业模式

在地多水少、水土资源极不平衡的河西走廊，水成为绿洲形成及农林牧业发展的物质基础和制约条件。纵观历史，可以看出河西走廊绿洲的兴衰与水有着密切的关系。因此，采用管理节水、工程节水、以垄作(膜)沟灌和畦灌为主的地面改进灌溉节水、膜下滴灌、渗灌、喷灌、化控节水技术、以品种选育、播期调整、耕作方法改良、配方施肥、水肥耦合、覆盖(含地膜覆盖)栽植的系列化农艺节水技术等，使河西走廊区灌溉水利用效率提高。实践证明，地膜与滴灌技术相结合较常规灌溉节水40.0%～50.0%，增产10.0%～20.0%，增加综合经济效益40.0%。同时，以水资源的持续、合理利用为前提，将节水高效的苜蓿、马铃薯、甘草、棉花、籽瓜、肉羊、奶牛、瘦肉猪等纳入绿洲农业系统中，发展地方支柱产业，每年至少可节水15.3亿立方米，节水产生的经济效益约1.12亿元。培育河西绿洲节水型农业技术体系和知识密集型现代农业，建设河西走廊产业经济带，促进节水型社会和河

西绿洲可持续发展。

3.2 特色产业模式

河西走廊绿洲从旅游资源上讲，它结合了特殊的自然景观和少数民族文化特色以及古文化遗迹，借助丝绸之路上的文化遗产和欧亚大陆桥的交通优势，发展特色生态旅游业潜力很大。河西走廊发展以玉米、蔬菜、瓜果、花卉为主的优质化、多样化、专用化绿色生态种植业和制种业；发展病虫害少、农药施用量低的葡萄栽培及葡萄酿酒业；发展肉苁蓉、锁阳、甘草等药材种植加工业；发展啤酒花烤花、脱水蔬菜、果品系列加工、粮食加工以及高效的苜蓿、马铃薯、棉花、籽瓜等综合的阳光农业、持续农业、节水农业、生态农业及高效牧业，运用太阳能转化、无土栽培、组织培养等生物工程以及工厂化等是实现河西走廊绿洲可持续发展的重要途径。

3.3 草畜业生态模式

钱学森沙产业、草产业理论中产业链的延伸、加工、增值包括四个转化的过程。一是阳光转化：把阳光、叶绿素、二氧化碳和水转化成植物蛋白；二是过腹转化：把植物蛋白通过家畜的消化系统转化为动物蛋白；三是过机（机器、设备）转化：把动物蛋白通过先进的设备和流水线转化为食品、饮品、药品、用品等生态精品；四是过市（市场）转化：通过名牌创建、科学管理 网络营销、市场竞争，把生态精品转化为增值货币。由于河西绿洲与沙漠、农田、草场交错分布，农牧交错带要维护现有草地，减少草地放牧，以种植人工饲草料，利用农作物秸秆饲畜，使草地功能从放牧利用转向维护生态；发展草牧业及畜产品加工业；饲养加工、肉食加工；大力发展绿洲及其边缘苜蓿人工草地和舍饲养殖业的发展策略，在绿洲边缘形成乔、灌、草三位一体的防风固沙绿色生态屏障，在绿洲内部形成了以苜蓿、甘草、制种、蔬菜、葡萄种植和暖棚式舍饲养羊为主的生态农业。

近些年河西走廊等地发展沙产业的实践表明，通过发展农业型的知识密集型产业沙区完全可以依托当地的资源获取较高的生态效益、经济效益和社会效益，使沙地成为一块“宝地”。绿洲是沙产业赖以发展的依托与基础。沙产业离开了绿洲就失去了持续发展的环境条件与物质基础。沙产业愈发达，第一性产品的产量就愈多，人们为追求生活必需品而进行的盲目开垦和放牧就会相对得到控制，脆弱的自然资源就会得到休养生息的机会，绿洲区经济社会和农业就可协调持续的发展。

现代绿洲形式的战略性新兴产业——微藻产业

祖廷勋* 罗光宏 王丹霞 陈天仁 杨生辉

进入21世纪,全球面临着人口爆炸、食品缺乏、生态及能源危机等一系列问题。世界各国都在探索和利用各种途径以图缓减人口增长与蛋白资源相对缺乏的矛盾;缓解耕地减少与粮食生产之间的矛盾;遏制生态恶化;寻求新型清洁能源。在这一过程中,发展微生物产业越来越受到学界、政界及产业界的关注和重视。其中微藻因其繁殖速度快、生产效率高、易于工业化生产、蛋白质等营养物质含量高、用途广泛等优点而倍受关注。被联合国粮农组织(FAO)确定为21世纪蛋白新资源的螺旋藻,就是原产于非洲荒漠中的乍得湖和墨西哥的塔克斯科湖的微藻。微藻具有很强的光合能力,能充分利用无机形式的碳和碳水化合物通过光合作用合成高品质的蛋白质,是理想的太阳能转换器。在沙漠戈壁通过人工设施装置发展微藻产业,符合现代绿洲的产业形式,被认为是一个很有前途的产业,在西部省份云南、内蒙古和甘肃省,对螺旋藻、小球藻的应用开发研究和生产养殖已有十多年的历史,为微藻产业发展奠定了基础。微藻产业将成为21世纪的新兴战略性产业。

1 微藻及其在行业发展中的地位和作用

微藻是指用显微镜才能辨别其形态的微小的单细胞藻类类群,是一类在陆地、海洋分布广泛,营养丰富、光合利用度高的低等自养植物。微藻种类繁多,我们所指的微藻是指该类群中已能工厂化生产或有应用前景、能用生物技术大量培养的、藻体全部或藻体所含某种或某些成分被人们所利用的种类。目前主要有螺旋藻、小球藻、盐藻三种。

微藻细胞中含有蛋白质、脂类、藻多糖、β-胡萝卜素、多种无机元素(如Cu,Fe,Se,Mn,Zn等)等高价值的营养成分和化工原料。微藻的蛋白质含量很高,一般达50%~70%,生物学产量高于任何作物,是单细胞蛋白(SCP)的一个重要来源。微藻所含的维生素A、维生素E、硫氨素、核黄素、吡多醇、维生素B_{12}、维生素C、生物素、肌醇、叶酸、泛酸钙和烟酸等增加了其作为SCP的价值。目前,藻类蛋白的生产正在迅速发展,小球藻、栅列藻、新月藻、螺旋藻已被用作蛋白质来源,小球藻、螺旋藻、杜氏盐藻还以粉剂、丸剂、片剂、提取物等形式投放保健品市场或用作食品及食品添加剂。藻中类胡萝卜素含量较高,β-胡萝卜素含量高达14%,具有着色和营养的作用,可用来防治癌症、抗辐射、延缓衰老、

---

* 祖廷勋,河西学院教授。

增强机体免疫力等。尤其对萎缩性胃炎、口腔溃疡、皮肤疾病和放化疗患者有着明显的辅助治疗效果。在生物技术方面,微藻生长周期短、耐受性强的基因是生物技术关注的热点,开发新型的微藻-生物反应器,利用藻类蛋白生产口服疫苗,用活性物质制成干粉口服等。藻多糖复合物可作为免疫佐剂增强抗原性和机体免疫功能,起到抗肿瘤的作用。在可再生能源的制造方面,藻中富含的酯类和甘油是制备液体燃料的良好原料,将微生物和微藻混合培养,生产高纯度的乙醇、甲醇、丁烷等能源化合物,是理想的可再生能源。

微藻细胞代谢产生的多糖、蛋白质、色素、酯类等,使其在食品、医药、基因工程、液体燃料等领域具有很好的开发前景,其原始、分布广泛和在极端生存环境下生长的生命特征使其在荒漠治理中具有重要地位和作用。

2 微藻产业在西部发展的优势条件及综合效益

2.1 西部发展微藻产业的自然地理条件

我国西部有着辽阔的土地和丰富的光热资源。以甘肃省为例,光照充足,太阳辐射强,光热资源丰富,年日照时数为 1700～3300 小时,自东南向西北增多,河西走廊年日照时数为 2800～3300 小时,是日照最多的地区。全省地域辽阔,总土地面积 45.44 万平方公里,土地利用率为 56.93%,尚未利用的土地有28681.4 万亩,占全省总土地面积的42.05%,包括沙漠、戈壁、高寒石山、裸岩、低洼盐碱、沼泽等。而微藻的生物学特点是喜温、喜碱、高光效,利用原料主要是太阳能、CO_2 及 N_2。许多微藻能在荒漠地区、炎热条件下或适宜的海边滩涂利用海水或碱水进行培养,在不适于种植传统作物的地区可得到有效利用。因此,西部丰富的光热资源和大量未利用的土地为发展微藻产业提供了有利的自然地理条件。

2.2 西部发展微藻产业的理论基础

我国著名科学家钱学森先生于 1984 年著文,倡导创建农业型知识密集产业,即以沙漠戈壁为土地资源,像传统农业那样,以太阳为直接能源,靠地面上植物的光合作用来进行产品生产的体系。首次提出“沙业”新概念,认为将形成为在中国出现的 21 世纪的第六次产业革命。他在 1995 年 11 月 21 日召开的河西走廊沙产业会议书面发言中指出,发展尖端技术的沙产业,就是用现代生物科学的成就,再加水利工程、材料技术、计算机自动控制等前沿高新技术,一定能够在沙漠、戈壁开发出新的、历史上从未有过的大农业,即贸工农一体化的生产基地。田裕钊先生在解读时认为这种“生产基地”就是有别于传统绿洲的“当代新绿洲”,认为沙产业鲜明的特征是:高投入高产出;新兴科学技术的集成、综合;与环境治理目标协调一致。其经营的目标是最大限度地利用绿色植物转化太阳光能。这为微藻产业的发展奠定了理论基础。微藻作为一种单细胞高光效低等植物,是理想的单细胞蛋白(SCP)源,将以其独特的生物学特点,成为新绿洲形式的新兴产业。

2.3 西部发展微藻产业的生产技术条件

20世纪80年代,我国将螺旋藻和盐藻的研究列入“八五”国家攻关计划,研究与开发取得了一定成就,并实现了产业化。云南、内蒙古目前是微藻产业大省。在甘肃省河东庆阳地区工厂化养殖小球藻并开发出产品;河西走廊武威的钱学森沙产业实验室,对小球藻的管道化养殖进行研究和中试,取得成功;地处走廊中段的高台利用盐藻生产出有很高的食品、医药开发价值的β-胡萝卜素;地处张掖的河西学院凯源生物中心和走廊西段的敦煌时代螺旋藻养殖基地等,都对螺旋藻工厂化养殖具有多年的研究与开发,拥有适宜的微藻品种、成熟的养殖技术、完善的加工工艺以及市场管理和运营的经验。这些都是钱学森沙产业思想的重要实践。

2.4 微藻产业将产生良好生态、经济和社会效益

微藻作为一种重要的可再生资源,具有分布广泛、生物量大、光合作用效率高、环境适应能力强、生长周期短、产量高、营养物质丰富、经济效益好、用途广泛等突出特点。微藻的进一步开发利用,将为人们提供新的食品、药品和生物质能资源。对微藻进行深度研究开发,发展微藻产业,是一种以充分利用太阳光能,高效循环利用水资源,对沙漠、戈壁、低洼盐碱、沼泽等未利用土地资源进行利用和保护的新型特色可持续产业,完全符合“减量化、再利用、再循环”的循环经济原则,符合“低耗、高效、可持续”的发展理念,也能为西部地区培植新型特色产业,开发蛋白新资源,缓减人口增长与蛋白资源相对缺乏的矛盾,缓减耕地减少与粮食生产之间的矛盾,以保障粮食食品安全,同时还可利用藻类治沙,改善沙区生态环境,这正符合西部大开发战略构想。因此,发展微藻产业具有良好的生态、经济和社会效益。

3 西部微藻产业化的发展方向或趋势

概括前面所述对微藻的研究开发状况,依照微藻的用途,微藻产业化发展方向有如下五个方面。

3.1 微藻是理想的新型高蛋白食品或功能性食品

在螺旋藻、小球藻、盐藻中,比较而言,螺旋藻是这些常用的微藻中蛋白质含量最高、营养最全面、消化吸收及适口性最好、安全性最高的藻种。螺旋藻中蛋白质含量高达50%~70%,是目前所发现的天然食物中最高的,并且这些蛋白质品质优良,易于消化吸收,不含任何消化吸收的障碍因子,氨基酸组成也符合联合国粮农组织(FAO)蛋白质咨询小组确定的理想蛋白质标准,被誉为“超级食品”。随着世界各国对螺旋藻的关注,螺旋藻的产量也迅速增加,如何以常规方法日常服用螺旋藻便成为人们的研究课题。对此,河西学院在多年的研究开发中,除了将螺旋藻制成片剂、胶囊等剂型,以增强食用的便利

性外，还结合北方以面食为主的特点，将螺旋藻粉作为添加剂与面粉进行配伍，研制螺旋藻营养挂面、面包、馒头等，努力使螺旋藻走入百姓日常生活之中。

3.2 微藻是医药和精细化工的重要原料

螺旋藻中含有丰富的维生素、不饱和脂肪酸以及钾、镁、磷、碘、硒、锗、多糖成分等多种活性物质，因此被广泛应用于医药开发。藻细胞中甘油含量较高，是优质的化妆品原料，也是化工、轻工和医药工业中用途极广的有机中间体。

3.3 微藻是动物养殖中优良的精细饲料添加剂

螺旋藻、小球藻等作为蛋白源添加于畜禽口粮中，能促进动物生长，提高生产性能和降低饲料消耗。鲜螺旋藻添加食盐后，可直接喂牛，或以干粉按 10%的比例饲喂，肥育效果较好。鸡饲料中添加螺旋藻，可提高鸡的抗病力，降低饲料消耗，提高日增重及经济效益，且能改善肉质，使肉鸡皮肤变黄，值得大力推广使用。用螺旋藻(用量为 1.0%～2.0%)配合饵料进行鱼的育苗和生产，不但能提高成活率、促进鱼的生长发育、缩短生产周期，而且能降低成本、提高生产效益。随着螺旋藻干粉投喂量的增加，鱼的体色越鲜艳，体重、体长也相应增加，其中鲜活螺旋藻对其体色、体长、体重影响最大。添加螺旋藻饵料可有效提高动物抗病力，减少死亡，提高其商品价值。

3.4 微藻是生物质新型能源的理想原料

能源危机、生物质能源已是国际国内社会经济发展高度关注的热点话题，中国和美国是目前世界上两个能源消耗和二氧化碳排放大国，开发新型能源和开展碳减排工作刻不容缓，美国“微型曼哈顿计划”将引领这一新潮流成为可再生能源研发的突破点。微藻是新型生物质能源原料，可利用细胞工程的方法进行小球藻异养转化和培养来制备高油脂细胞并生产生物柴油，改变高消耗、高污染的化石能源支撑下的经济发展模式，寻求化石能源资源可替代品，建立可再生能源支撑下可持续发展的环保经济新能源技术，保障能源供给安全，顺利渡过“后化石经济年代”，并最终进入“无化石经济年代”。因此，利用微藻制取生物柴油，具有重要的政治、经济、科学意义。

同时，能源紧缺也是全球性问题，发展低碳排放的可再生能源和生物质能源，是解决能源紧缺的重要出路。如果能用二氧化碳生产生物质油，将二氧化碳化害为利、变废为宝，可一举数得。而微藻能够有效地利用太阳能，通过光合作用固定二氧化碳，且其种类繁多，适应性强并且一些特异藻种产油效率高。目前已知的微藻种类有 3 万种左右，它们的生活习性多种多样，对环境的适应性很强，地球上几乎到处都有藻类的存在。专家研究表明：在一年的生长期内，一公顷玉米能产 172 升生物质燃油，一公顷大豆能产 446 升，一公顷油菜籽能产 1190 升，一公顷棕榈树能产 5950 升，而一公顷微藻能产 9.5 万升，具有明显的产能优势。微藻含有较高的脂类、甘油、可溶性多糖等，可通过化学法、工程微藻法

等生产生物柴油或乙醇，还可望成为生产氢气的一条新途径。因此，发展富含油质的微藻和工程微藻是生产生物柴油的一大趋势。

3.5 可用于综合治理荒漠及环境污染

我国是世界上受沙漠化危害最严重的国家之一，土地沙漠化发展的速率不断加快，20 世纪 90 年代后期即以每年 3600 平方公里的速度在扩展，到 2000 年，我国北方沙漠化土地已达到 38.57 万平方公里。在荒漠化综合治理方面，荒漠微型生物(包括藻、地衣和苔藓)对沙漠治理及生态环境改善具有重要的科学意义和现实意义。逐步受到学界和政界重视。

荒漠微型生物是陆生微小的一个特定的生态学类群，主要是指生长在荒漠地区的微型生物，是荒漠生态系统的先行者和拓殖者。利用微型生物人工结皮与草、灌、乔木相结合的最新方法营造结构优良、防风固沙、增肥效果好的生态系统，是沙漠化治理的一项高新技术。从国内外的报道来看，关于荒漠藻结皮技术的应用研究和工程化实践仅限于我国，而且该项技术在宁夏、内蒙古等地进行了较大规模的推广应用。所谓荒漠藻人工藻结皮技术，就是运用藻类生态、生理学原理和生物结皮理论，分离、选育野生结皮中的优良藻种，经大规模人工培养后返接流沙表面，使其在流沙表面快速形成、发育成具有藻类、细菌、真菌、地衣和苔藓在内的生物结皮，而用以治理沙漠化的一项综合技术。该技术主要包括 5 个方面：①优良结皮藻种的分离、纯化与选育；②藻种的大规模培养；③工程化制种；④野外工程化接种；⑤人工藻结皮的培植与维护。目前，我国在荒漠微型生物人工结皮技术的研究和应用方面处于世界领先地位。

微藻养殖还可进一步与地方经济相结合，发挥更大的作用。例如，张掖市主要是利用煤碳进行火力发电，火电厂在发电过程中，排放出大量的 CO_2、SO_2 等能引起温室效应的气体，这些气体没有被利用起来，还造成了环境污染，而微藻是一种高碳汇的光合生物，如果我们能够对火电厂排放出的 CO_2 气体进行收集，再输送到微藻养殖工厂，这样，既解决了污染问题，又解决了微藻工厂化养殖的碳源问题，这将是一种理想的又切实可行的低碳经济模式。未来我们将和火电厂进行科研合作，深入研究所排 CO_2 收集并在微藻工厂化养殖中应用中的关键问题，联合攻关相关技术难题，并进行可行性论证，一旦成功，将研究成果进行转化，探索一种低碳循环经济新途径。

土壤透析技术治理盐碱地

崔世源* 梁晓荷

随着社会经济发展对土地的需求，盐碱土地的开发利用日益受到关注，盐碱土地的治理研究也得到了长足的发展。

1 盐碱土壤的滋生与危害

土壤盐碱化是指化学元素入侵土壤，在土壤中富集并产生物理化学作用，使土壤功能减退，进而危害作物生长，导致植被消退，荒漠发生。土壤盐碱化是地球化学元素迁移运动过程的一种自然现象。但由于过量的化学成分进入土壤，使土壤罹患盐碱疾病，无法进行正常的农业生产。

一般情况下，农作物在生长过程中是需要一定量的化学元素，来参与生命体的合成，但如果这种化学元素的量大于作物生长所需量，就会对作物生长起相反的毒害作用。造成土壤盐碱的化学成分一般指：碳酸氢根 HCO_3^-；氯离子 Cl^-；硫酸根 SO_4^{2-}；钙离子 Ca^{2+}；镁离子 Mg^{2+}；钾离子 K^+ 和钠离子 Na^+ 等，这些化学成分的共同特点是易溶于水。它们的母质主要来自山体岩石的风化物，借助风和水的运动进行迁移，进入土壤，形成盐碱土壤。

盐碱土壤广泛分布于世界许多地区，我国以新疆、内蒙古、青海面积最大。甘肃的盐碱土地主要分布在中部沿黄灌区和河西走廊的石羊河、黑河、疏勒河三大内陆河流域。这三条河流的发源地都在祁连山。祁连山物质建造在元古代末期的地质时期为地槽，接受了早古生代巨厚的海相沉积物，其中含有丰富的盐碱物质。中、新生代褶皱成山，特别是新生代，受喜马拉雅造山运动的影响快速隆升，成为青藏高原北部边界山脉。在青藏高原的隆升推挤下基岩出露地表接受风化。冰川雪水及夏季山洪将风化岩屑携带搬运出山，在山口前呈洪积、冲积扇状堆积，流水在冲积扇地带渗入地下，溶解岩屑中的盐碱成分，随地下水输送到冲积扇边缘以下的低海拔地区。例如疏勒河，在昌马地段流出祁连山，将携带的岩屑堆积在山前，形成巨大的冲积扇，河水在冲积扇地带散股分流，大部分渗入地下形成潜流，在低海拔区位的玉门青山、黄花、饮马等地形成高位潜水。由于地处西北内陆，日照强，降水少，蒸发剧烈，含有盐碱成分的地下水沿土壤毛细管向上运移，水分蒸发后将盐碱物质遗留聚集在地表，日积月累，年复一年，愈积愈厚。

---

* 崔世源，甘肃天泽盐碱治理研究所所长，研究员。

盐碱的这种表聚现象受季节影响较大,春季表现最为剧烈,冻土层解冻,地下水位上升,高矿化度的盐碱水滞留表层,随着夏季气温升高,水分蒸发,森森白碱在地表堆积,使植物赖以生存的表层土壤遭到污染毒化,改变了土壤正常性状和功能。由于富集在土壤中的盐碱对水有很强的亲合力,它能最大限度地吸收水分溶解自身,能对植物细胞形成反渗透压,夺取植物体内水分,使植物因缺失水分而被“渴死”,造成植物死亡,植被消退。

当大地失去植被保护之后,地表温度随之增高,蒸发更加剧烈,地下水快速蒸发流失。土壤失水后收缩干裂,风侵入裂隙对土层进行侵蚀。风在裂隙中吹动沙粒作快速跃动,犹如砂轮机打磨土层,磨蚀产生大量沙土,被大风裹胁形成沙尘暴,“悬移”输送到远方。这一黄土飘移搬家过程,对人类生存环境和生产活动造成威胁。通过风的分选,较轻的粉尘被吹送到远方,较重的沙粒就近堆积成沙丘,盐碱地表的小裂缝被风吹蚀成大壕沟。风的吹蚀和沙粒打磨相辅相成,使原本平整的地表被侵蚀切割的支离破碎,盐碱地沦为沙尘发源地。

在引起土地荒漠(沙漠)化的诸多因素中,土地盐碱化是一重要的直接因素。许多沙漠的形成都与土地盐碱化有着密切关系,即先土地盐碱化而后荒漠、沙漠化。盐碱为荒漠(沙漠)的形成提供了客观基础和内在条件。西北内陆盐碱地带往往是沙漠向绿洲推进的过渡地带,在内蒙古的乌梁素海、居延海,新疆的罗布泊,甘肃敦煌的南湖、西湖等地的盐碱地带周边都存有沙化界面。因此治理盐碱土地是遏制荒漠化蔓延,阻挡黄沙推进的治本措施。

2 盐碱土地的治理

在人类历史上,先民们为有效地进行农业生产,对盐碱土地的治理曾进行过不懈地探索和努力,并取得了一定的成效。我国浙江绍兴、上虞等沿海地区,由于海水倒灌,土地盐渍化严重,古越人引江河淡水进行冲洗治理。特别是南宋时期,北方人口大举南迁。北方的人力、财力和水工技术输入,为治理当地盐碱土地创造了条件。开始大兴水利工程,修建江河海堤阻挡海水,并引曹娥江水淤逼盐碱入海,将盐碱泽地辟为良田,对当时社会经济发展起到很大的促进作用。西欧荷兰因濒临北海,地势低平,加之莱茵河穿境而过,土地盐碱渍涝严重,当地人民因地制宜,利用风车为动力进行排水治碱。由于盐碱与水关系密切,在盐碱治理措施当中首先采用水利工程。排水措施可起到排水排盐,控制地下水位,调节土壤水盐运动。排水治理措施应用最广泛的是开挖排碱沟,对于排除盐碱沥涝有积极作用,但该措施土方工程太大,并占用大量耕地面积,同时易发生塌坡淤积,养护清淤工程不能持久,往往因排沟淤塞而失去作用。在排水治碱的同时配合冲洗改良,其效果更为良好。冲洗盐碱必须要有足量的淡水和通畅的排水设施,才能将盐碱水加以排除,无排水出路则无法将盐碱排去。

除水利工程改良治理盐碱土地之外,利用农业生物措施改良治理盐碱土地也是一项重要途径,通过农业生物措施,平整土地,培肥改土,调节土壤水、肥、气、热也能起到调节

土壤水盐运动的作用。特别是通过种植水稻来改良盐碱土壤有很好的效果，由于水稻生长需水量很大，通过大量淡水灌溉可加速土壤盐分溶解，降低地下水矿化度，形成地下淡水层。为了避免稻区周围发生土壤次生盐碱，种植水稻必须根据当地的地形、水资源等条件进行合理规划。新疆昌吉五加渠、甘肃张掖甘州区等地，通过种植水稻改良盐碱土地取得理想的效果。

3　土壤透析治盐碱技术的开发研究

分布在西北内陆河流域的盐碱土地，大都为冲积平原，其中一部分为干涸的尾间湖沼，其特点是面积宽广、地势低平、地下水位较高。由蒸发作用而形成的近地表高矿化度盐碱滞水，因受底水顶托无法垂直下渗，还因为地势低平也难于从侧向排出，唯一出路是向上蒸发，而蒸发会进一步加重盐碱的堆积。盐碱随水来，却无法随水而去，这一问题成为内陆盐碱治理中的最大难点。位于黑河中游的临泽县马营滩就属于此种类型。历史上这里曾是一处颇具规模的盐碱沼泽地，唐宋以后随地理气候因素变化逐渐干涸，沦为盐碱荒芜不毛之地。风起尘扬，碱土冲天，一年四季白茫茫，盐碱灰尘蚀人肌肤，眼睑、鼻孔、嘴唇都会发生溃烂。尤其是盐碱地最易滋生蚊子，密集的蚊虫叮咬人畜，肆虐成灾，使当地群众深受其苦。农民下地干活都得将头、脸、脖子包裹严实以防盐碱灰尘侵蚀和蚊虫叮咬。在盐碱的侵蚀危害下植被消退，地表裸露，强烈地蒸发使地下水严重流失。每年夏季村民饮用水井断水时间长达四五十天。迫于生存环境的艰难和无奈许多人离家出走。为了整治盐碱地，泽临县曾做出过不懈努力。早在上个世纪六七十年代，就组织动员全县力量开挖排碱沟，虽然付出了艰苦的劳动和沉重的代价，但最终还是未能将盐碱治住。

科学技术是第一生产力，在吸取前人治理盐碱土地经验教训的基础上，临泽县天泽农业技术开发公司从 1997 年开始，自筹资金在盐碱厚重的马营滩地带辟建试验区，开展盐碱地治理科学试验，研究开发“土壤透析治盐碱技术”获得成功。这项技术是根据盐碱土壤的物理化学属性和水盐关系特点，从医学“血液透析”治疗技术中得到启发，运用地下水动力学原理研究开发的，这是一项以节水工程为主的物理、化学、生物三位一体的治理盐碱新技术，它的主要措施有三项。

措施一：开凿透析井、监控井，布设透析设备设施，通过操作透析设施，实施透析作业，形成透析循环，达到人为调动水盐运动的目的。

措施二：播洒 Tz－1 膨化降碱剂，利用化学方法使土壤中的有害盐碱成分分解；使难于溶解的盐碱胶结物质降解，变得疏松易溶，通过透析作业导引下渗，分散到土层中去，以降低土壤盐碱含量，达到治理目的。

措施三：实施递进式植被速生技术，快速恢复盐碱荒漠植被，遮盖裸露地表，减少水分蒸发，阻断盐碱运移富集的途径。

在实施化学降盐碱、透析循环、生物吸附治理措施的同时，天泽公司还根据当地具体情况配置一些其他辅助措施。诸如盐碱移除、增孔基措、盐盘攻坚、渗孔排盐、保水抑盐、

限水灌溉、腐殖育土等方法,取得了一些理想效果。这些方法的组合搭配,其前提是详细掌握被治理地区的基本情况,首先要做好现场勘察工作,对盐碱地类别、盐碱母质来源、运移途径、富集形态、积盐程度等情况要加以了解。此外,对盐碱土成分及含量、土壤结构、孔隙度、渗透率、沙粘比、潜水矿化度、降水与蒸发量要做必要的检测。还需对当地地形地貌、流水体系、水文地质条件、盐碱产生和沉积的自然环境做到深入把握。只有掌握了这些基本情况和数据之后,才能做到因地制宜,科学施治。另外在做出治理方案之后,还需对方案做必要的模拟试验,根据试验数据加以调整、修正,其目的是要保证现场作业的可操作性。

在治理过程中要注意做好资料的收集整理工作。除了文字资料之外,图像资料也很重要。图像资料要选择固定物体做参照,以便将来对治理效果做出直观对比评估。

天泽公司科研人员在马营滩试验基地,将土壤透析治盐碱技术与常规治盐碱技术(灌洗、沟排、沙压、酸平衡,植物吸附等)进行比对试验,结果显示土壤透析技术各项指标均遥遥领先。与使用最广泛的挖沟排碱技术相比,土壤透析治盐碱技术不用开挖排碱沟,可免除规模浩大的土方工程,也不会造成对地表的割裂破坏和大量的土地浪费,很适用于规模化治理。与沟排技术相比较,其治理原理较科学,施工作业较文明,治理效果较为显著、稳定、不易反弹,治理成本也比较低廉。此外,应用土壤透析技术治理盐碱地的过程,不会影响作物正常生长和土地的正常耕作。盐碱地治理达标以后,透析设备设施可作为节水灌溉设施继续使用。

从 2003 年起,天泽公司筹措资金,构建设施,对马营滩实施较大规模的治理,沿蓼沙公路两侧从上而下推进,南自县城北环路,北至曹庄,东起大沙河,西到白寨子,在面积达二十余平方公里的范围内进行治理示范,取得了理想的效果。

4 土壤透析治盐碱技术的治理效果

通过十年时间的不懈努力,马营滩应用土壤透析技术治理盐碱地效果明显。

(1)马营滩盐碱荒漠化进程得到有效遏制。往日那种碱土飞扬一年四季白茫茫的风尘天气基本消失。位于蓼泉—古寨—四回堡一线的巴丹吉林沙漠前沿沙头南移速度明显减缓,从 1998 年的 5.7 米/年,降至 2008 年的 1.8 米/年。

(2)土壤盐碱含量下降幅度较大,示范区内 85%以上的盐碱土地表土全盐含量由透析治理前的 24%(局部地表高达 34%),普遍降至 1%以下,往日的盐碱荒滩如今只要加以开垦就可以耕种,被治理的土地达 3 万余亩。

(3)植被恢复,物种增加。植被覆盖度由治理前不足 20%,增加到目前的 75%以上。物种由治理前的十几种增加到七十余种,如今的马营滩风轻地绿,鸟集泉流,生态环境大为改观。在恢复生态植被的同时,采用生物技术杀灭蚊虫,也取得了显著效果,现在当地群众出门再也不用包头遮脸作防蚊保护。

(4)水土得到涵养。由于生态植被恢复抑制了水分蒸发,有效保护了地下水蒸发流

失。当地村民夏季断水时间逐年缩短。自实施治理以来，2003 年断水 38 天，2005 年断水 21 天，2007 年断水 6 天，2008 年以后不再断水。

(5)为当地农业经济发展提供了土壤质量保障。昔日马营滩人烟稀少，因盐碱危害严重，是全县较为贫穷的地方。经过透析治理，盐碱下降，土质变好，以前仅能种甜菜的零星地块，现在可大面积连片种植小麦、玉米、豆类以及番茄、孜然等经济作物，农民收入连年增加，人均年收入由 700—800 元猛增到 6000 元以上。使当地农民摆脱了世代以来的盐碱危害之苦，示范治理区内的马营、小屯、白寨等村农民集体脱贫走上富裕之路，离乡农民纷纷返回家园。

马营滩盐碱地治理实践表明，土壤透析治盐碱技术具备一定的技术优势，能体现综合治理效果，在盐碱土地治理，恢复荒漠植被，优化农业生态环境，扩大耕地面积，实施节水灌溉，改良中低产田等方面发挥了一些有益作用。

总体而言，盐碱地治理问题至今仍然是一个极具挑战性的课题，相信随着社会发展，科技进步，面对盐碱地危害人们将不再束手无策。

沙产业促进人与自然和谐

徐俊生*

风沙肆虐，再一次被坚强的生命之绿所征服；大漠无语，却深深铭记着几代治沙人的历史功绩。眼前这一道横亘在腾格里沙漠西南缘蜿蜒数十公里的“绿色屏障”，用她的全部内涵，诠释了推进沙产业试验示范和维护生态和谐的信心、决心。此时此刻，我们触景生情，泪涌心头，感慨万千。推进林业生态建设及发展沙产业的可喜局面绝非偶然，一代代治沙人情系绿苑、汗洒荒漠，以咬定青山不放松的坚定信念，为构建人与自然和谐相处的美丽家园、推进生态文明建设打造了一块绿色的丰碑，谱写了发展沙产业的壮丽篇章。

1 基本概况

2005年钱学森沙产业中心实验室与甘肃濒危动物研究中心合署，建立市级沙产业开发示范区，是武威阳光产业示范园核心区。主要开展武威市东沙窝沙漠生态综合治理、濒危珍稀动物保护研究、沙产业试验示范以及生态旅游开发等多项工作。辖区总面积18万公顷，洪水河自南而北纵贯全境，所辖地域几乎全为流动沙丘和半固定沙丘，地形平坦，地势自西北向东南倾斜，海拔1500米左右，这里全年日照时数为3246.7小时，日照率达73%，一年中大于60%的光照时数294.9天，日照极为充足，年均太阳总辐射为641.84千焦/平方厘米。近年来，通过防沙治沙、造林绿化活动，区域内累计营造防风固沙林7000公顷，封沙育草(林)9000公顷，建成毛条、梭梭、沙拐枣采种基地2300公顷、果园35公顷、酿酒葡萄基地14公顷、各类苗木培育基地7公顷，重点治理区人工植被的逐年扩大，植被覆盖度显著提高，境内的自然条件得到极大改善，使沙区沿线耕地、群众生产生活得到有效保护，为保护繁育荒漠区系野生珍稀濒危动物、开发沙漠生态旅游等工作创造了有利条件，成为发展沙产业试验示范的示范区。

2 推进沙产业及生态治理的初步成效

2.1 探索治沙造林及绿化新模式

甘肃濒危动物研究中心承担武威市凉州区东沙窝18.16万公顷区域的防沙治沙任务，近年来，随着三北工程、退耕还林(草)、国家重点生态公益林、日元贷款甘肃省重点风

* 徐俊生，甘肃濒危动物研究中心(钱学森沙产业中心实验室)办公室副主任，林业助理工程师(系甘肃农业大学首届钱学森沙产业奖学金班毕业生)。

沙区生态环境综合治理工程、甘肃省农业综合开发等项目的启动实施，开展了大规模治沙造林、封沙育林(草)活动，逐步探索出了一套适合本区域治沙造林的新模式。

加大林木、林地资源管护力度，加强中幼林抚育管理，及时开展林木灾害的调查预报和防治工作，境内的生态环境得到极大改善，原来风蚀、沙化严重的退化土地开始逆转，土壤物性优化。在不断探索研究新方法、新技术的基础上，逐步形成了"一束草、一丛苗"的治沙造林技术，逐步实现常规造林向工程造林转变，压设沙障材料由单一的麦草向玉米秸秆、葵花杆等廉价实用材料多种途径过渡；造林初植密度由密向稀转变，造林密度趋于合理，林木栽植分布更加均匀，采取沙丘造林和丘间地造林相结合，选取合适树种进行行间混交或团状、块状混交配置，为调节林分生长状况创造条件；选用乡土树种造林的同时，积极引进固沙造林新树种，造林混交比例逐步提高，林分抗逆性和稳定性明显增强；由局部固沙向全面治理的转变，沙丘、丘间地造林同步推进，加快了防风固沙体系的建设步伐。

加快节水林业建设步伐，进一步提高造林苗木的成活率和保存率。引进节水抗旱造林新技术，推广运用保水剂、生根粉、滴灌、微喷灌等技术，遵循树木的生物学和生态学特征，采取综合抗旱配套措施，保证造林成活率的提高和林木生物量的快速生长。强化有害生物防治，及时防治鼠、兔啃噬等危害，促进林木生长。同时，做好林木林地资源保护宣传教育和引导，开展林木抚育管护，防止人畜践踏，严禁滥垦、滥樵、滥牧和滥挖，努力提高治沙造林成效，不断巩固和扩大了沙漠生态治理取得成果。

2.2　挖掘开发特色资源，延伸产业链条

2.2.1　开发旅游产业

充分利用饲养保护的普氏野马、赛加羚羊、川金丝猴、野生双峰驼等珍稀濒危物种，繁育和引进各类观赏动物 41 种 400 多头(只、匹)。在做好濒危物种保护研究的同时，借助现有造林绿化成果和动物资源，积极开发沙漠生态旅游，原国家林业部批复的"神州荒漠野生动物园"正式对外开放。建成 800 平方米的动植物标本展览馆、660 平方米的百鸟苑，建成动物馆舍 2100 平方米，修建钓鱼池 1800 平方米；建成室外游泳池、啤酒广场，完成占地 33.335 万平方米的人工湖工程、休闲石雕广场、餐饮广场、特色蒙古包等休闲项目和飞行表演塔、丛林飞鼠、弯月飞船等大型惊险刺激的游乐设施。随着旅游服务设施逐步完善，旅游接待能力不断提高，受到了越来越多游客的关注和喜爱，年接待游客突破 8 万人次，带动旅游餐饮、服务等相关行业年收入突破 100 万元，动物园被评定为国家 AAAA 级旅游景区。

2.2.2　微藻、太阳能、风能等多种产业试验示范

进一步加大产业建设和科技开发力度，对发展沙产业进行了有益的探索与实践。与北京绿源光合生物有限公司合作，在连栋温室内建成占地 604 平方米的高洁净小球藻试验示范光合工厂，安装 4 单元，3900 米全封闭、高转光玻璃管道，培养生产小球藻，对小球

藻生产试验技术和发育生长规律进行了初步探索，与河西学院合作开发生产出了威力源、益糖宁、酒郎伴侣等小球藻系列产品，“高洁净小球藻试验生产”项目通过省科技厅星火项目专家评审组检查验收，并被评为甘肃省职工技术创新成果三等奖、武威市科技进步一等奖；与日本九州大学、清华大学和甘肃自然能源研究所合作，建成聚风型小型风力发电灌溉实验示范点，灌溉荒漠沙生植物 6.67 万平方米；建成装机容量为 0.5 兆瓦的全国首座荒漠化并网型光伏电站——大唐武威太阳能电站，已正式投产发电，累计发电约 110 万千瓦时。

2.2.3 探索发展林、草、畜产业

作为从事沙漠生态治理和濒危珍稀动物繁育、保护、研究的专业机构，甘肃濒危动物研究中心在林、草、畜产业实践方面进行了初步探索。加大招商引资与企事业单位合作力度，与山东威龙公司合作，建成优质酿酒葡萄基地 1333.4 万平方米；与武威红牛农牧科技公司共同开发种植甘草、锁阳等中药材，建成特色中药材种植开发基地 33.4 万平方米；培育梭梭、花棒、樟子松、云杉等沙生和旱生苗木 34 万平方米；建成紫花苜蓿等优质饲草种植面积达到 140 万平方米；开发赛加羚羊角、鹿茸等资源，在发展特色名贵中药材产业方面进行了有益探索，取得了良好效果。

2.2.4 打响教育教学和实践培训基地

甘肃濒危动物研究中心曾被兰州大学、西北师范大学、甘肃农业大学作为教学实践基地。建成占地 1100 平方米的沙产业馆，并由宋平同志亲笔题写馆名，以著名科学家钱学森院士沙产业理论为主线，用图片、实物、多媒体等方式展示武威市 50 年防沙治沙成就，20 年沙产业建设新成果，用展示展览的形式介绍钱学森沙产业理论，被中国科学技术协会确定为“全国青少年科技辅导员培训基地”。被甘肃省文明办确定为“甘肃省青少年教育活动武威基地”，建成占地 20 万平方米的素质拓展区和模拟攀岩壁、速降、平衡木、趣桥、空中断桥、逃生墙等拓展项目及沙滩排球场、沙滩足球场，多次成功举办以青少年素质拓展为主的夏令营活动，收到良好效果。荣获“全国未成年人思想道德建设工作先进单位”荣誉称号，被确定为全省首批“生态文明教育基地”和“全国青少年户外体育活动营地”。

3 体会和认识

钱学森提出沙产业理论，为我们开展沙漠生态综合治理、科学开发利用沙漠指明了道路。作为受钱老关心、鼓励的首届钱学森沙产业奖学金班的一名毕业生，在沙产业试验示范岗位上工作，并将继续努力的科技工作者，十分感谢并深深怀念钱老，他的那种献身、敬业、求真、务实的精神永远激励着我们。在钱学森沙产业中心实验室工作的这几年里，通过具体工作实践结合理论学习，进一步深化了对沙产业理论内涵和实践意义的认识。

沙产业理论不追求从根本上改变沙漠戈壁的自然地理特征，而是将沙漠和戈壁与农

地、草原、林地并列的一种资源。沙产业理论的一个重要立足点是“多采光、少用水”。沙漠地区具有充沛的阳光天赋资源，潜伏着发展农业型产业的高生产要素。由于其自然地理特点具有干旱、高温、地表不稳定等限制要素，加上太阳能量辐射不稳定，太阳能转化、利用的效率低，沙漠中天然生态系统净初始生产力低下。因此，沙产业理论把干旱半干旱地区提高绿色植物阳光利用率的希望和潜力，寄托在高新技术的运用及众多技术的集纳合成上。主张走出传统，“引入高新技术以及高新技术产品——新材料、信息技术”，创建知识密集型的大农业即沙产业。甘肃濒危动物研究中心建立的封闭温室内安装全封闭玻璃管道培养小球藻，发展甘草、肉苁蓉嫁接等沙漠特色中药材，沙区苗木培育，发展红枣、枸杞等特色林果产业和林、草、畜产业就是沙产业的具体实践。发展沙产业，就是充分发挥地区光热资源优势，加大重点产业建设和科技开发力度，以日光温室、地膜覆盖和先进节水措施为手段的设施农业、草畜产品高效转化种养基地和经济林培育基地为重点，促进传统农业向现代农业转变，形成一批产业加工名优品牌和加工型龙头企业，实现产加销一条龙、贸工农一体化的产业化经营格局，稳步发展成为占国内生产总值中一定比重的重要产业。

钱学森沙产业理论在恩格贝沙漠生态示范区践行

陈培斌*

内蒙古鄂尔多斯市恩格贝沙漠生态示范区位于库布其沙漠东段、面积30万亩。由于恩格贝南靠鄂尔多斯高原，北临黄河，山洪与风沙一样成为一种凶猛的自然灾害。恩格贝人巧妙地利用洪水采取推沙筑坝，促使洪水减速、泥沙沉降，为植物生长打下基础。十余年来，经过不懈的努力，移植200万株树木生长，完成18万亩的绿化面积。近十年来，恩格贝人随着钱老所指的路走来，在防沙治沙的基础上发展知识密集型的农业生产，建立了自己的沙漠经济发展模式。以"多采光、少用水、新技术、高效益"为守则，以沙漠循环经济体为平台，以微藻研发养殖深加工为亮点，取得了突出的经济效益和生态效益。作为沙产业实践成功的范例，现将整个产业结构做以介绍，以供参考。

1 沙漠循环经济体系构建的模式与特点

1.1 模式

沙漠循环经济产业平台包括：种植业，养殖业，加工业，可再生新能源开发利用，科技，农机服务和微藻研发养殖加工六部分内容。以"多采光，少用水，新技术，高效益"为守则，本着节能减排，资源循环利用，在原有产业的基础上，运用系统工程和生态学原理，延伸或连通各产业间的循环链条，形成了资源－产品－再资源的流程，最大限度地利用了资源和能量，使废弃物减少到最少，取得了可观的经济效益、生态效益和社会效益。

1.2 特点

1.2.1 遵循"多采光、少用水、新技术、高效益"的原则

恩格贝沙漠循环经济完全遵循了"多采光、少用水、新技术、高效益"的科学原则。

其一，从种植系统到养殖系统和再生新能源的开发利用，在采光积能上，应用于生产的全部过程。成为名副其实的节能减排，无污染、零排放的阳光产业。

其二，沙漠经济循环系统全部采用了喷灌、滴灌等节水措施，有的还做到了循环用水（螺旋藻养殖废液改造为液体肥料）。

---

* 陈培斌，毕业于甘肃农业大学钱学森沙产业奖学金班，现工作于内蒙古鄂尔多斯市恩格贝沙漠生态示范区。

其三,沙漠循环经济的各组成部分,全部采用了国内乃至国际的先进技术,无论是设施构建方面,还是品种使用方面,都应用了新技术和新技术产品,做到了知识密集型。

其四,不仅在生产设施的构筑上,具备了高效益的条件,同时在资源上做到了循环利用。此外,各产业链条紧密相连,环环紧扣,可谓“工厂化”的农业生产。

1.2.2　水利用中的“三水”模式

恩格贝沙漠循环经济在水的利用上,做到了可持续发展,即“留住天上雨水,拦截地表洪水,节约地下潜水”的“三水”模式。

留住天上雨水:通过大量的植被建设,发挥森林“涵养水源,保持水土”的作用,形成了森林涵养水源,水源滋养植被的良性循环局面。

拦截地表洪水:通过生物措施和工程措施,将恩格贝南部东西近 20 公里的沙漠,改造为滞洪区,拦住了洪水和泥沙,既成为恩格贝几座水库的水源补充,又减轻了下游受洪水的危害。同时,洪水所到沙漠之处,植被明显得到了恢复。

节约地下潜水:运用最先进的节水设施和技术,合理利用地下水,做到永续利用,可持续发展。

2　恩格贝沙漠循环经济产业平台概况

2.1　种植业

包括有机果蔬种植、优质饲草种植、饲料种植、沙生植物园建设。

2.1.1　半地下式日光温室

(1)建设规模:总面积 58 亩,共 27 栋地窝子式温室,利用地热和土墙吸热放热的原理保温,无烧煤取暖设备。在 2008 年冬季－26℃的极限低温下,室内最低温度可达 8℃～10℃,有效地解决了无取暖设备安全过冬的问题,是典型的节能减排,节约成本的取暖项目。

(2)种植品种:目前,种植的品种有果树(桃、李、杏、葡萄)7 栋 15 亩,各种果类和叶类蔬菜 20 栋 43 亩。

(3)技术支撑:本项目蔬菜种植由山东、天津及区内技术作支撑,果树由宁夏提供苗木及技术指导。

(4)配套完善项目:200 平方米整理包装车间,100 平方米保鲜库,5～10 立方米运输车辆。

2.1.2　智能大棚

总建筑面积 2100 平方米(3.15 亩),棚内全部由太阳能取暖,并安装自动调温设施,后墙同样采用加厚土墙保温的做法,土墙与棚主体墙中间,隔一条宽 2.5 米的通道,主要起调节温度的作用,并在通道内种植食用菌。该棚全部定植由辽宁省果树研究所提供的

国内最优良的5年生樱桃树苗，同时在樱桃树下种植喜荫作物蘑菇等食用菌，发展主体经济的林下种植模式。食用菌种植技术由内蒙古农科院提供，主栽品种为恩格贝特有的野生鸡腿菇。棚内采用节水的滴灌技术。

2.1.3 日光钢架塑料大棚

已建成100栋(1亩/栋)，该棚是由温室提供育苗，较大田提前或推后移栽，延长瓜果上市期，主栽品种为日本北海道网纹甜瓜。

2.1.4 节水灌溉优质饲草种植

已建成大型喷灌22套，并先后种植了紫花苜蓿，已种植面积2000亩。其中美国进口针式自走式喷灌18套(水动式4套电动式14套)，奥地利进口卷盘式喷灌4套。鲜草全部供给5000头(存栏)养猪场，部分干草储存喂羊。肥料由有机肥料厂供给。

2.1.5 柠条草场种植

已种植了大量的柠条，可通过补植、平茬、复壮等措施，改良柠条草场。柠条经粉碎加工制成草粉或颗粒、饼状饲料，可形成粗蛋白含量较高的优质饲料，可取代豆饼类蛋白饲料，大大降低养殖成本。

2.1.6 葡萄种植

在现有的葡萄种植的基础上，扩建酿酒葡萄种植基地，建立小型葡萄酒作坊，开发从葡萄种植，采收酿造工艺，葡萄酒酒窖参观和葡萄酒品尝等旅游产品。生产过程中产生的废料进入沼气池发酵产生沼气，沼渣等有机肥还田。

2.2 养殖业

2.2.1 现代化养猪场

该项目园区为恩格贝示范区整体产业链中的重要组成部分。依托中科院北京分院和内蒙古农业大学、内蒙古大学现代生物繁育先进技术，结合恩格贝多年来在实践中形成的生态文明建设和循环经济建设的技术和知识体系，运用科学化、现代化管理模式，充分利用现有的生态优势，走生态经济、循环经济的路子，在种、养、加产业链中起到承下启上的作用。3000亩饲草料基地保障猪场的饲草料供给，创立了以苜蓿为主养猪的新模式。肉产品与肉联厂建立长期合作关系，保证了销售畅通的渠道，粪便供给沼气厂。以此将恩格贝养猪场建设成为大规模、高标准、新模式、带动力强的现代化龙头企业。该项目土建面积1246平方米，园区道路6220米，绿化面积20亩。配套机井1眼，上下水管道7600米。

养猪园区分种猪区、育肥猪区、育仔猪区。种猪区饲养长白大二元基础母猪500头，杜鲁光公猪44头。育肥猪区存栏数5000头，年出栏6月龄育肥猪10000头。

2.2.2　白绒山羊高科技繁育中心

恩格贝绒山羊高科技繁育中心是内蒙古大学动物研究中心十几年的教学实验基地。该中心投了较多的人力、物力、财力，由中国工程院副院长旭日干院士牵头，进行了关于白绒山羊饲养管理、品种改良、高科技繁育等方面十多项课题的研究。并由恩格贝示范区及内蒙古大学投资1300多万元，新建了实验室、饲料加工厂，购进了具有国际先进水平的仪器及科研设备，为进一步发展绒山羊及肉羊养殖奠定了坚实的基础。

中心现有白绒山羊种羊2000只，种绵羊500只(肉羊)。基础设备、设施有：标准化圈舍7200平方米(9处)，实验室、草棚、宿舍等2480平方米，饲料加工厂一处。已形成固定资产1500万元。

中心计划新购进绵羊种母羊2000只，种公羊30只(3个品种)，肉羊养殖规模逐步要扩展到10万只。

2.2.3　鸵鸟及珍禽动物养殖

鸵鸟和珍禽养殖已经历了十几个年头，肉蛋产品逐步受到社会的认可和青睐，是恩格贝生态旅游一道靓丽的风景线。各种禽类既可供游客观赏，又是餐桌上的美味佳肴。现有鸵鸟2000只，孔雀3000只，珍珠鸡、贵妃鸡、七彩山鸡、乌鸡等各类珍禽2000多只。圈舍2万平方米，办公室及库房760平方米。

为了丰富其种群量引进新品种梅花鹿126只(6组)，牦牛10头，藏羚羊60只。

2.3　加工业

发展加工业，使循环经济产业间联系更紧密，资源得到最大限度的利用，并达到节能、减排、减少环境污染的目的。加工产业链包括原辅材料加工、产品成品加工、循环利用资源加工等三部分。

2.3.1　饲料加工厂

已和绒山羊研究中心一并建成，土建400平方米及相应的加工设备、供水、供电系统全部就绪。主要针对养殖品种，加工所需的配合饲料。

2.3.2　饲草加工厂

主要针对人工种植饲草及农作物秸秆配备加工机械，包括铡草机、揉草机、粉碎机、颗粒机等。

2.3.3　屠宰场

包括肉羊、肉猪、鸵鸟及禽类屠宰三条生产线。生产规模：猪5000头，羊5000只，禽类5000只。

2.3.4　有机肥料加工厂

养殖系统产生的粪便经沼气站发酵后，以产生的沼渣、沼液和螺旋藻养殖后产生的废

营养液，针对蔬菜、果树、饲草、花卉、瓜果等不同作物品种需肥的不同，分别配置不同的配方肥料，供种植业自用，剩余部分可外销。

2.4 可再生新能源利用

2.4.1 地热

恩格贝已于2007年钻热水井1眼，井深2200米，每小时出水量10立方米，出口温度35℃～36℃，矿化度为6，含有对人体有益的多种矿物质元素。地热资源是重要的可再生能源，地热能具有清洁、环保、就地取用等优势，开发利用地热对缓解能源紧张的形势，实现节能减排将起到积极的推进作用。

2.4.2 风能太阳能利用

恩格贝属风能资源和太阳能可利用区，有效风能储量在212～659千瓦/小时，有效太阳大于150千卡/(平方厘米·年)。

目前恩格贝已与中国科学院电工所达成建设协议。发展风能太阳能发电主要为沙漠循环经济产业链照明所用。

2.4.3 大型沼气工程项目

沼气系统是循环经济产业链上的枢纽，具有节约能源的重要作用。沼气是一种可燃混合体，主要成分是甲烷。可利用有机垃圾、作物秸秆、人畜粪便作为生产沼气的原料。本项目沼气主要供螺旋藻加工厂，经沼气炉燃烧用于藻粉烘干，燃烧后剩余的二氧化碳气体，经管道输入螺旋藻养殖棚，替代小苏打提供碳源；沼渣、沼液进入有机肥料加工厂。

利用恩格贝示范区现有肉牛、种(肉)羊、禽类5000多头(只)，加上即将投产的5000头(存栏)养猪场，日排放粪便20吨，污水40吨，建设1000立方米沼气发生池，年产沼气48.6万立方米，年产固体生物有机肥3600吨，年产沼液肥15600吨。

其经济效益为年收益377万元。其中，沼气燃用可获效益73万元，固体生物有机肥收益288万元，沼液肥获效益16万元，实现净收入147万元。

该项目符合国家提倡的“发展循环经济，建设节约型社会”的产业政策，促进生态农业增效、增收，拉动示范区养殖、种植及螺旋藻产业链，巩固和扩大恩格贝示范区建设成果。该项目的实施将成为鄂尔多斯市的能源环境和循环经济的示范工程，有效遏制由于畜禽粪乱排放而对生态环境的破坏。沼气使恩格贝生态示范区养殖基地的废弃物得到充分利用，环境质量大大提高。

2.5 科技农机服务

2.5.1 生态科技研发中心

该中心建设面积1000平方米，主要包括样品室、分析室、储藏室、工作室等。针对恩

格贝已投入运营的种植系统、养殖系统、再生能源开发利用系统、污水垃圾处理系统，进行科技研发，以科技促进生产，以生产完善科技，在采光、用水、节能减排方面不断有新突，最大限度地获取环保效益，经济效益和社会效益，为沙漠循环经济的有序发展起到示范作用。

2.5.2　农机服务站

新建农机服务站，为种植业提供播种、收获、拉运等农机服务。配套播种机、割草机、捆草机、农药肥料喷施机、铡草机、运输车辆以及其他必须的农田作业机械。同时建设车库、修理间、停车场等。

2.6　微藻产业的研发养殖加工

2.6.1　微藻在沙产业发展中的优势

微藻含有人类健康需求的多种营养，被人们称为“21 世纪食品”，“最具有潜能的超级食品”。分析证明，小球藻的干物质中，通常含蛋白质 50%(20%～60%)，脂肪色素 7%～8%，碳水化合物 30%～46%和 9%。含有 7 种人体和动物自身不能制造、必须由食物中的蛋白质供应的必需氨基酸。螺旋藻蛋白含量为 50%～70%，脂肪含量 5%以上，由非饱和脂肪酸组成，还有构成维生素 E 的主要成分的高浓度的 γ-亚麻油。除此之外，单细胞微型藻类，没高等植物那样复杂的器官分异，但有相当强的光合作用叶绿体，叶绿体占据 1/3～2/3 的细胞空间，被认为是“节俭”的光合作用功能体。单细胞微藻同化二氧化碳通过全部细胞表面，不像高等植物那样，二氧化碳要通过气孔，而气孔有时会关闭。单细胞微藻个体小，而比表面积大，与外部接触面积特别大，进行物质交换快。它的生命周期短，生长繁育快，有可能在人工调控下维持几何级数增殖。微藻以悬浮液的形式生存繁衍，为连续的工厂化生产创造良好条件。微藻类以其特有的优势称为沙产业创建中优选出的高效的最大限度固定太阳能的太阳能转化器。

2.6.2　微藻产业是沙漠循环经济的延伸

在田裕钊教授的倡导下建立的恩格贝小球藻高蛋白营养中试车间，现已成为恩格贝与中国科学院过程工程研究所合作开发微藻产业的实验基地；主要研究项目有微藻生物育种、微藻光合反应器的发明、工艺流程的优化和微藻提取生物柴油技术。通过这几年共同的努力已取得了一系列的技术专利，并得到了推广。

在恩格贝运用塑料大棚技术建立了 528 栋建简易微藻生物反应装置，年产螺旋藻藻粉 400 吨，藻片胶囊 200 吨，年产值 2000 万的大型螺旋藻生产基地，本项目在恩格贝沙漠循环经济体中起到循环经济连系的延伸和带动作用。

在节能上，以可再生能源沼气为燃料用于螺旋藻藻粉烘干；燃烧后的二氧化碳用于代替小苏打，为实现螺旋藻高密度生长提供碳源。

在废弃物处理上，在螺旋藻加工过程产生的次级藻粉、碎片为牲畜养殖提供高蛋白的

饲料添加剂，可提高牲畜的免疫力，保证了肉制品的产品品质。

由于受气候的影响，螺旋藻养殖只限每年的 4 月到 10 月份生产。螺旋藻养殖停产后年内循环利用的培养液要进行一次排放，排放的营养液含有大量的 N、P、K 元素和有机物，通过得当的处理加工成液体肥料，可为循环经济体的种植提供肥料或出售。

螺旋藻生产加工厂是沙漠循环经济体产业链的延伸，但自身具有独立性，内部资源利用具有循环型；体现了恩格贝沙漠循环经济体，大循环中有小循环，小循环依托大循环。

综上所述，恩格贝沙漠循环经济体展现了干旱少雨的沙漠治理区，运用系统工程和生态学原理，在原有产业基础上，不断延伸产品链条，使生产体系以资源—产品—再资源的流程，达到了资源和能量最大限度的利用效率。其产业产品是在无污染、保护生态环境和生物多样性的基础上，追求的高效率、高附加值的产品。是知识密集沙漠农业生产的理想模式。

恩格贝沙漠循环经济体所取得的成绩，是钱学森沙产业理论开花结果的见证。今天我们在缅怀钱老的同时，面对占国土面积 1/6 的沙漠戈壁，取得的成果只是“小荷才露尖尖角”。沙产业革命任重而道远，需要我们不断地学习和脚踏实地实践，更需要更多的热衷于沙产业的有识之士的加入。通过我们不懈地探索研究定能如钱老所望将沙漠戈壁变成取之不竭的“地面油田”（注：地面油田系指沙漠戈壁可能生长出可以用来提炼燃油的植物）。

在此感谢钱老为沙产业所做出的贡献，我们怀着崇高的敬意，沿着钱老所指的路走下去！

借鉴以色列节水技术,探索河西地区水资源可持续利用的对策

张　勇*　刘玉环

甘肃省河西地区石羊河、黑河、疏勒河三大内陆河流,是形成和维系河西绿洲最基本的条件,三大流域水资源的开发利用对河西地区乃至全省经济社会发展发挥着重要的作用。如何根据河西地区的水资源承载能力,优化配置、高效利用、合理开发利用水资源,带着这些问题,我们于 2010 年 8 月中下旬赴以色列进行考察学习。通过实地考察学习,我们了解了以色列节水技术和节水灌溉设备,对于促进河西地区节水,恢复生态平衡,实现人与自然和谐相处,走出一条生态、经济、社会效益相统一的路子,具有一定的启迪和借鉴作用。

1　以色列节水技术

1.1　国家重视,统筹发展

以色列国土面积约为 2.1 万平方公里,人口 750 万左右,其中犹太人占 80%以上。全国只有沿海的狭长地带和内陆的几个谷地适合于农耕。虽然以色列濒临地中海,但其气候主要受东南部沙漠地带的影响。降雨主要在冬季,降雨量由东北往西南递降,其北部年降水量为 700～800 毫米;中部地区为 400～660 毫米;南部地区的年均降水量仅为 25 毫米。全国每年可利用的水资源为 20 亿立方米。在水资源严重缺乏的情况下,为克服区域缺水,以色列将境内所有的水源联合在国家整体管网内(内盖夫沙漠使用少量地下微咸水),由主要管道并利用各种输水管网将水自北部运送到境内中部和南部干旱地区,全国可灌溉面积从 3.0 万公顷增加到 25.5 万公顷。由于大力开发推广应用节水灌溉技术,节约了 50%的水资源,使灌溉水平均利用率达到 90%以上,在农业总水量不增加的情况下,农业产值增加了 15 倍。以色列城市生活用水已达到打开水龙头即可饮用的卫生标准,以色列是世界上第一个利用处理城市污水经三级沉淀过滤处理后进行灌溉农作物的国家。

1.2　国家支持,创造奇迹

以色列农业的奇迹得益于正确的发展战略。水资源的自然枯竭迫使以色列最大限度

* 张勇,博士,河西学院教授。

地从多方面采用措施节约农业用水。从上世纪 60 年代开始，以色列对农业给予大力扶持，滴灌推动农业革命，建立高效市场机制，开始探索科技发展农业的出路。以色列农业灌溉技术经历了大水漫灌、沟灌、喷灌和滴灌的几次革命，每次革命都是农业节水技术的一次飞跃。以色列采用先进的科学技术和现代化的经营模式，创造出了令世界瞩目的农业发展成就。以色列的内嵌式滴灌，解决了滴灌易堵塞问题，目前又研发出居世界领先水平的压力补偿滴灌管线，在长达 800 米范围内滴头的出流率均匀，水流变化小于 10%。根据作物种类和土壤类型设置滴灌控制系统，使田间水利用效率达到 2.32 千克/平方米，增产效果十分显著。管道输水和滴灌技术的应用，使灌溉面积从 16.5 万公顷增加到 22.0 万～25.0 万公顷。以色列灌溉技术的主导思想是“给植物供水，而不是灌溉土壤”，利用水肥连供技术，将水、肥直接送到植物最易吸收的根部，并由计算机自动控制水和肥料使用，精确施肥，一次完成，通过持续缓慢的供水来维持作物根区最适的土壤水分含量，使水、肥的利用率高达 80%，比传统的灌溉方式节约水、肥 30%以上，最大限度地降低了耕种土地的成本，保持了土壤良好的通气性，降低了土壤盐化程度，抑制了杂草生长。灌溉时农民不必守在田间，可同时从事其他的施肥、剪枝等工作。内盖夫沙漠中的温室栽培、果树种植以及大部分大田作物都使用喷灌和滴灌，所有的灌溉系统都由计算机控制，同时配有传感器，以帮助测定灌溉间隔时间。耕地下面的湿度传感器可以传回有关土壤湿度的信息，传感器系统通过检测植物的茎和果实的直径来决定植物的灌溉间隔。农业革命找到突破口，农产品产量直线上升，沙漠改造突飞猛进，农业面貌发生了根本性的变化，农业人口仅占 4%，农业产值却占国民经济的 5%左右。在农业生态环境非常恶劣的条件下，生产的农产品不仅满足了自身需求，水果、蔬菜、花卉等还大量出口，每年创汇达 7.4 亿美元。尤其以先进的沙漠温室技术和节水灌溉技术享誉世界。

1.3 紧密联系，真诚服务

以色列农民与国家的农业研究机构密切合作，这些机构包括农业研究组织(ARO)和大学的农业院系。有 25 个专业协会和市场推广协会为农业研究与开发提供经费，各级政府机构及数百家生物技术和计算机软件行业的私营公司也提供这方面的经费支撑。农业技术设备的生产厂家认识到，只有根据客户的特定需求来设计、安装和维护设备，滴灌法和温室大棚才能产生更大的效益。科研院所的专家致力于提高各个地区的农业生产水平。各公司承接成套项目建设，包括提高水的利用率、浇灌方法、作物及种子选育。另外，专家咨询的内容还包括如何根据季节需要种植以便在国际市场上获得最佳价格，如何选择化肥和杀虫剂以尽量减少对环境的危害，以及家畜的选育。某一地区的农民在购买新技术之后还要接受培训。

2 河西地区水资源利用的现状

河西地区辖武威、金昌、张掖、酒泉、嘉峪关 5 市，位于甘肃省西北部，处于黄土高原、

内蒙古高原和青藏高原的交汇处。该地区人口约480.28万,其中农村人口占68.6%,土地面积27.4万平方公里。河西走廊属于典型的大陆干旱荒漠气候,大部分处于干旱或极度干旱区,多年平均降水量为139.2毫米,平均蒸发量为1614.6毫米。区内有三大水系,分属石羊河、黑河、疏勒河,均属内陆河,年径流水量在1亿立方米以上独立出山的河流有15条。河西地区土地资源丰富,是全国重要的商品粮基地。目前,河西地区水资源的状况是:

2.1　水资源总量不足,拥有量少

河西走廊各地年降水量在40～200毫米之间,全走廊平均年降水量仅为139毫米。河西走廊水资源总量74.9亿立方米(其中三大内陆河石羊河、黑河、疏勒河分别拥有17亿立方米、40.4亿立方米、17.5亿立方米),占西北地区水资源总量的4.5%,占全国水资源总量的0.26%。水资源全国人均水资源拥有量2135立方米,河西走廊人均水资源拥有量1400立方米,为全国人均水资源拥有量的65%。其中石羊河人均水资源拥有量最少,为789立方米,大大低于全国平均水平。据有关资料统计,河西走廊地区现生态耗水26.54亿立方米,而最小生态需水量为32.88亿立方米,生态缺水约6.34亿立方米。

2.2　河流来水量不断减少,用水效率低

地下水位逐年下降,水源涵养功能逐渐减弱,水资源的开发利用率严重超标。根据调查,石羊河流域有机井约1.5万余眼,地下水超采量达2.87亿立方米。黑河流域有机井约7500余眼,疏勒河流域有机井约2200余眼。资料表明,20世纪90年代与50年代相比,石羊河和黑河流域的来水量共减少了8.3亿立方米,人口增加了250万,农业灌溉面积增加32.69万公顷,农业用水量增加了34亿立方米,工业和城镇生活用水增加了4亿立方米。虽然河西走廊水资源短缺,但却存在着人均用水量高、浪费严重、农田灌溉水定额多、耗水量大的问题。其中农田平均每亩灌溉用水6750立方米,比全国平均高40%,万元GDP用水1700立方米,比全国平均高1.85倍。

2.3　用水缺乏统筹兼顾和有效管理

目前,河西地区对地表水与地下水、上游与下游、城市工业用水、生活用水和农业灌溉用水以及生态环境用水等缺乏科学系统的综合规划,管理滞后。同一流域内上、中、下游水资源管理各自为政,缺乏统筹兼顾和有效管理。地表水、地下水、自来水、废污水等都有各自的管理部门和机构,既有水利部门负责,又有城建部门管理,还有环保部门监测以及交通、农业、电力、地质矿产等部门,造成责权交叉、部门分割、“谁都该管”而“谁都管不了”的局面。将部门或地方的利益建立在损害全局利益或牺牲环境可持续发展的基础之上,造成水资源乱开滥采的混乱局面。如河西走廊石羊河流域,年总水流量16.93亿立

方米，其中武威地区 11.44 亿立方米。建国以来在上游地区修建了许多水库,使山区径流基本上全部被拦截,导致中下游地区地下水补给量减少,泉水资源枯竭,1956--1978年,泉水量由 8.63 亿立方米减至 2.12 亿立方米,总递减达 83.7% ,至上世纪 80 年代减至 0.69 亿立方米,近期仅余 0.3 亿立方米，导致武威附近百条河流断流,天然绿洲消失，生态环境恶化。

2.4 水资源开发利用超常,生态环境急剧恶化

河西走廊地表水径流量利用率为 63.4% ,地下水利用率为 38.2% ,而全国的水平均利用率为 20%。可见该地区水的利用率远远高出全国平均水平。农业灌溉是用水大户，占总用水量的 92.42%。酒泉市和张掖市水资源总量相对充足。但是,地处石羊河流域的金昌市和武威市却严重超标用水,超用水量达 17.896 立方米,实际用水量是水资源总量的 307.63%。显然是超采了该流域地下水资源。据统计,在全省有数万眼机井中,武威就占了 95%以上,而民勤县就有 1.1 万眼机井。如此结果导致了石羊河流域中下游地区自 1990 年以来,每年超采地下水 10 多亿立方米 ,地下水水位持续下降,已造成地面沉陷,流沙南侵,耕地沙化等生态环境恶化的问题。目前,该流域已有 300 多万亩耕地和林地退化,225 多万亩草场退化、60 多万亩耕地因而被迫弃耕,在绿洲的外围有几千万亩流沙,几百个风沙口不停地向前进犯。流沙以平均每年 3～10 米的速度向绿洲推进。上世纪 60—70 年代随处可见的茂密的野生植物因地下水下降也大量枯萎,民勤县已有 13.5 万亩沙枣林衰败,35 万亩白刺、红柳等天然植物处于死亡半死亡状态。

2.5 产业结构不合理,灌溉技术水平低

河西走廊农、林、牧的结构比例是 80∶10∶10 ,农业比例过大，尤其农业中粮食作物比例偏大(粮占农业 70%) ，林、牧业比例过小,而农业灌溉耗水量又大,占河西总耗水的 92%以上，所以极不利于水资源的合理利用,这也是河西地区水资源短缺的原因之一。大部分地区仍采用传统灌溉方式，如大水漫灌，土渠串渠等,这种落后方式必然造成水资源渗漏严重,蒸发量大,耗水过多。灌溉渠道水利用系数很低,一般为 0.3～0.5,水资源利用效率只有 31.7%,而以色列通过使用节水技术,水资源利用效率达 90%。

3 水资源可持续利用的对策

从以色列农业发展的历程中,我们可以看出在农业用水总量不增加的条件下,农业产出增长了 12 倍,每立方米水的产量约提高了 4 倍,依靠的就是自己的智慧和辛勤努力。从以色列的经验看,要有效地利用有限的水资源,加强水资源的管理、应用先进的节水灌溉技术是合理利用有限水资源的关键所在。

3.1 增强节水意识,加强水资源管理

以色列年度用水为5.6亿~6.0亿立方米。尽管人口、水质要求和农业生产用水不断增加,但该国全部的用水自上世纪60年代以来就一直没有变。75%的用水来自循环利用(该利用率为全球第一,第二位的西班牙利用率也只有12%),滴灌工艺在农业生产中普及率达到80%以上。从法律条文、水务管理、社会节水意识到科研成果,以色列拥有完整的水资源开发利用框架。以色列政府还专门设有水务委员会,负责制定水政策、发展规划和供水配额等工作。所以,以色列从国家到家庭及个人,把节水放在国计民生的重要地位来对待,人们的节水意识比较强,节水的概念从幼儿园的孩子们就开始灌输,每一滴水都是宝贵的。河西地区也属严重缺水地区,但对有限水资源缺少严格统一管理的法规和体制。另外,节水观念差,农田灌溉浪费严重,水价不合理,也是造成河西地区水资源紧张不可忽视的因素。因此,加强水资源的统一管理是当务之急。这就要进一步重视和加强节水管理,促进农业节水向观念要水。根据国务院《取水许可和水资源费征收管理条例》的规定,改变农业用水水价过低、不利于节水的状况,实行按成本收费、超计划用水加价等政策。充分发挥价格杠杆在农业节水中的调节作用,从经济上调动农民节水的积极性,促进先进节水技术的推广和使用,有效减少农业生产用水量,促进农业产业结构调整。在加强管理的同时,增强全民的节水意识,实现节水技术现代化,这既是以色列以及若干发达国家的宝贵经验,也将是全球缺水地区必经之路。

3.2 调整种植结构,培育节水高产品种

以色列农业科研院所的专家们都致力于各个地区的农业种植结构模式研究,以期达到既高产又节水的目的。由于农业品种的差异,作物水分利用率存在较大的差异。因此要根据区域和种植区的实际情况,调整和优化种植结构,发展高效农业种植模式,对提高农田整体水分利用效率是非常有利的。针对河西地区的具体环境条件,有选择地引进、选育和筛选一些适应环境的抗逆品种和节水作物,利用生物工程等现代作物育种技术,培育抗旱增产节水品种,尤其是价值高、水分利用效率高的生物资源及品种,建立节水型种植结构,这是提高水分效益和效率的生物学基础,也是提高作物产量的重要途径。同时培养一批科技种田能手,建立典型示范园区,倡导科技兴农,科学种田,典型引路,以点带面。大力推广西瓜套棉花、玉米套豆类、果树套豆类和棉花等耕作技术,发展灌区特色农业,通过不同的间、套模式,提高作物复种指数及土地利用率,提高单方水的经济效益。

3.3 加大技术创新力度,实现科技节水

一是引进推广先进的节水技术和设备。河西走廊地形地貌与以色列相近,在土地资源等生产要素方面相差不多,从土地等农业生产要素情况分析和比较看,张掖市的气候条件相对比较有利,但以色列的高科技在农业生产上的应用非常领先。通过有选择地引进、

消化吸收和应用推广以色列的农业生产技术和设施(滴灌系统等),以弥补河西地区土地资源等生产要素的不足,进一步促进高效节水、生态农业的发展。同时我们认识到充分利用国外的资源,尤其是智力资源,在某种情况下比引进具体的实体技术与资源更为重要。

二是提高输水系数。以色列在节水、高效用水中实现输水管道化,输水系数达95%,而我国目前渠道输水系数仅为30%～50%。因此,为解决河西地区水资源短缺,发展节水农业,在技术选择上应将发展管道输水和采用有效的渠道防渗技术放在首位,这是农业节水的基础工作,应作为基础设施建设来对待。通过努力,将输水系数提高到60%,这将从总体上缓解河西地区水资源紧张的局面。

三是积极研究和应用现代ET遥感监测技术,解决植物水分信息采集、监测、诊断、评估和实时预报问题,建立植物缺水信息诊断指标体系,推广精准灌溉。几十年来,以色列在节水灌溉技术和提高水源效用方面一直走在世界前列,已达到水肥配套、定时、定量完全自动控制。大田滚动式喷灌系统可根据空气温、湿度自动喷灌,自动调配水肥比例。

四是实施科技推动,加强产、学、研的结合,提高科技成果转化。以色列发达的科研、推广和服务是农业发展的源动力。国家建立了一套由政府部门(农业部等)的科研机构与社区(基布兹、莫沙夫)相结合的科研、开发体系。每个科研机构都非常专业化,及时将研究的成果推广运用于农业生产,使这些科研成果直接转化为现实生产力。总体上河西地区科研技术力量相对薄弱。应经过严格推荐和审查等程序,选聘一批有关水资源、环境、农业、生态等方面的专家、学者组成河西地区节水型专家指导小组。在节水的理论发展与创新、总体规划、政策措施和重大技术问题等方面提供指导、技术咨询,并针对河西地区节水方面的基本需求,开展相关学科研究,为河西地区节水提供技术咨询和科技支撑,真正达到向科技要水的目的。

3.4 加大政府投入,建立良好的节水运行机制

河西地区相对沿海地区经济落后,人民群众生活水平低,自然条件恶劣、人才和科学技术匮乏,使得经济发展受到限制。建立良好的节水运行机制,正是解决这些问题的对策。以色列经过坚持不懈地努力,创造了"沙漠奇迹",开发沙漠给他们带来了巨大的经济效益。沙不仅是"治理",更重要的是"开发",若运用于河西地区,具有一定的发展前景。因此,国家与地方各级人民政府,应给予必要的政策、资金和科学技术等方面的支持,做到研究与开发、科研与生产实际相结合,政策措施与市场机制并举,这也是以色列农业发展的机制。所以通过政府行为,不断改善河西地区环境,降低开发风险,通过项目倾斜和改善生活、研究、待遇条件,鼓励科技人员投身于河西地区资源与环境的研究和开发事业,解决农业生产的基础问题和技术瓶颈,继承和改造传统农业,发展知识密集型的现代农业。制定优惠政策,促进生产方式的转变。引导农民改变长期以来形成的生产方式,通过一定的经济措施形成必要的激励机制。制定和完善扶持农民发展高效设施农业和种草养畜的优惠政策,建立健全适应新的生产方式的市场销售、技术指导和疫病防治等社会化服务体

系。支持企业加快技术改造步伐，淘汰高污染、高耗水的落后生产工艺。

以色列发展农业尽管有非常不利的自然条件，但也有河西地区无法比拟的优越条件，我们学习以色列先进的节水技术，应根据河西地区不同的地理特点，结合工程技术、农业技术和管理技术，因地制宜地进行有机组合，形成节水高效的农业节水综合技术体系，这应该是河西地区节水农业今后发展的方向。

科学利用沙资源,做强做大沙产业

王长永*

2006年2月国务院《关于进一步加强防沙治沙工作的决定》中指出:防沙治沙,事关国家生态安全,事关中华民族生存与发展,事关全面建设小康社会进程。防沙治沙,既是保护耕地、提高土地质量的重要基础,又是改善人民生产生活条件、促进沙区经济社会可持续发展和农牧民增收的必然途径。2010年国家林业局《关于进一步加快发展沙产业的意见》中又明确提出:发展沙产业,是促进沙区生态建设,带动区域经济发展的重要途径,加快沙产业发展,对于建设资源节约型和环境友好型社会,实现全面建设小康社会的奋斗目标,具有重要作用。近年来,钱学森沙产业中心实验室紧紧围绕"多采光、少用水、新技术、高效益"的沙产业技术路线,在沙漠生态治理、濒危珍稀动物迁地沙区保护研究、特色生态旅游及高新技术开发等方面取得了可喜成绩。

1 加大防沙治沙力度,为开发利用沙漠资源奠定坚实基础

钱学森沙产业中心实验室承担武威东沙窝18.16万公顷防沙治沙任务。近年来,随着三北工程、退耕还林(草)、国家重点生态公益林、日元贷款甘肃省重点风沙区生态环境综合治理工程等项目的启动实施,开展了大规模治沙造林、封沙育林(草)活动,加大林木、林地资源管护力度,加强中幼林抚育管理,及时开展林木灾害的调查预报和防治工作,境内的生态环境得到极大改善,原来风蚀、沙化严重的退化土地开始逆转,土壤物性优化。不断探索研究治沙造林的新方法、新技术,加快了防风固沙体系的建设步伐。截至目前,累计营造以梭梭、桦棒、沙拐枣、毛(柠)条、红柳等为主的防风固沙林14.8万亩;封沙育林(草)15万亩;退耕还林(草)0.06万亩。建成毛条、梭梭、沙拐枣采种基地3.5万亩,"三八"绿色工程基地0.28万亩,军民共建绿色林0.2万亩,国家重点生态公益林11.6万亩。植被覆盖度由治理前的不足15%提高到了50%以上。人工植被逐年扩大,生态环境不断改善,有效地控制了流沙南侵。近年来,中心实验室连年被评为市、区造林绿化先进单位,2003年,被省政府授予"甘肃绿化模范单位"荣誉称号。日元贷款风沙治理项目经过五年建设取得了较好的成绩,得到了省、市项目办的充分肯定,2009年被省农业综合开发办授予"甘肃省日元贷款风沙治理先进单位"荣誉称号。

---

* 王长永,甘肃濒危动物研究中心、钱学森沙产业中心实验室主任。

2 实施濒危珍稀动物迁地保护,实现生态和谐发展

坚持以“保护生态环境,拯救濒危动物”为宗旨,加强与高等院校、科研院所的合作交流,积极开展了一系列科学技术研究和保护工作。早在甘肃濒危动物研究中心成立之初,就确定了普氏野马、赛加羚羊、野生双峰驼、川金丝猴等濒危物种引进与迁地保护计划,特别是近年来,以钱学森沙产业中心实验室和甘肃濒危动物研究中心合署为契机,充分发挥自身资源优势,在濒危动物保护研究上狠下功夫,在动物繁育保护、科研项目、动物引进等方面做出了较好的成绩。截至目前,成功繁育各类濒危动物 196 头(只、匹),存养各类野生动物(包括鸟类)48 种,348 头(只、匹),其中国家一、二级保护动物 31 种,232 头(只、匹)。特别是从美国、德国引入的普氏野马表现出良好的适应性和繁殖能力,已发展到 74 匹。2010 年在国家林业局和甘肃省林业厅指导下,首次在我国甘肃省实施普氏野马试验性放归取得成功,并成功入选“中国 2010 动植物十件大事”;先后两次送金丝猴到日本用于开展合作研究,取得丰硕成果;在世界范围内人工驯养赛加羚羊失败的情况下,驯养赛加羚羊取得突破性进展,种群数量由引进初期的 11 只发展壮大到目前的 83 只,完成了“赛加羚羊引进及扩大种群”研究项目,并获国家中医药管理局科技进步三等奖,同时为驯养地建设等方面奠定了良好的基础,成为目前国内唯一的赛加羚羊人工驯养、繁殖、保护、研究基地;世界级濒危物种野生双峰驼 2000 年被世界列为发现的新种,这里存养的 20 峰野生双峰驼,是国内最大的人工饲养种群。

3 挖掘自身特色资源优势,走出沙漠生态旅游开发新路子

中心实验室充分利用甘肃濒危动物研究中心加挂“神州荒漠野生动物园”牌子和区域独特的生态景观和濒危珍稀动物资源优势,积极开展生态旅游开发。建成占地 1080 平方米的沙产业馆,用图片、实物、多媒体等方式展示了武威市 50 年防沙治沙成就,20 年沙产业建设新成果;建成 800 平方米的动植物标本展览馆、660 平方米的百鸟苑,建成动物馆舍 2100 平方米,修建钓鱼池 1800 平方米;安装太阳能路灯 30 座;建成室外游泳池、啤酒广场,完成占地 500 亩的人工湖工程、休闲石雕广场、餐饮广场、特色蒙古包等休闲项目和飞行表演塔、丛林飞鼠、弯月飞船等大型惊险刺激的游乐设施。旅游服务设施逐步完善,旅游接待能力不断提高,受到了越来越多游客的关注和喜爱,年接待游客突破 6 万人次。2007 年动物园被评定为国家 AAAA 级旅游景区。2008 年被甘肃省文明办确定为甘肃省青少年教育活动武威基地,积极开展基地建设,建成占地 300 多亩的素质拓展区和模拟攀岩壁、速降、平衡木、趣桥、空中断桥、逃生墙等拓展项目及沙滩排球场、沙滩足球场,修建道路 3.2 公里。成功举办以青少年素质拓展为主的夏令营活动 20 次,参加人数 3000 余人次。2008 年被中央精神文明建设指导委员会授予“全国未成年人思想道德建设工作先进单位”称号。2009 年被市委组织部、市委党校命名为“武威市干部教育培训现场教学实践基地”。2010 年相继被省林业厅、省教育厅、团省委和国家体育总局确定为全省首批

"生态文明教育基地"、"青少年户外体育活动营地"。

4 利用沙区光热资源，不断探索和延伸沙产业向纵深发展

中心实验室成立之初，就在毗邻甘肃濒危动物研究中心的沙区设立了沙产业试验示范基地，实验室一班人紧紧抓住当时麦绿素风靡海内外的市场机遇，面对其本身具有纯天然性和对健康长寿的作用，迎合人们追求"回归自然"的大好形势，引进以色列温室滴灌技术及配套设备，建成连栋温室 7000 平方米，投产年产 10 万吨麦绿素加工及提取项目。由于麦绿素的开发是利用丰富的生长在无污染生长环境的麦类作物资源，因此生产麦绿素营养保健绿色食品，取得了初步的成效，为沙产业的进一步发展奠定了坚实的基础。同时，中心实验室根据市场需求，将目光投向花卉栽培养殖，培育蝴蝶兰、金虎仙人球、红掌、玉簪、三角梅和盆景 30 多个品种，定植季节性盆花 1000 万盆，先后累计向市场供应各类花卉 6000 万株。2006 年，又与北京天普先行生态高科技有限公司合作，建成占地 604 平方米年产 1 万吨的高洁净小球藻试验示范光合工厂，并加强与周边高等学校、科研院所的合作，加挂"河西学院微藻生产基地"牌子，先后开发出小球藻挂面、益糖宁、酒郎伴侣、威力源等多个小球藻系列保健品。同时，积极开展科技开发项目建设，"高洁净小球藻试验生产"项目通过省科技厅星火项目专家评审组检查验收，并被市总工会评为全市职工优秀技术创新成果一等奖、武威市科技进步一等奖；与山东威龙公司合作，建成了优质酿酒葡萄基地 20000 亩；与武威红牛农牧科技公司共同开发种植甘草、锁阳等中药材，建成特色中药材种植开发基地 500 亩；与日本九州大学、清华大学和甘肃自然能源研究所合作，建成聚风型小型风力发电灌溉实验示范点；建成装机容量为 0.5 兆瓦的荒漠化并网型光伏电站——大唐武威太阳能电站，已正式投产发电，共投运 0.5 兆瓦，累计完成发电约 100 万千瓦时。

5 几点体会和思考

在钱学森沙产业中心实验室发展的探索和实践中，我们深深认识到：钱学森沙产业理论不追求从根本上改变沙漠、戈壁的自然地理特征，而是将沙漠和戈壁与农地、草原、林地并列的一种资源。沙产业理论的一个重要立足点是"多采光、少用水"。沙漠地区具有充沛的阳光天赋资源，潜伏着发展农业型产业的高生产要素。目前，发展沙产业，主要的制约因素表现在：水资源匮乏，生态环境脆弱；特别是在沙产业新技术研发、新品种选育、新材料应用等技术难题的攻关等方面缺乏必要的技术支持；沙产业龙头企业竞争力不强，并且布局不合理，普遍缺乏名牌产品支撑，特别是国内、国际品牌；龙头企业与基地农户的利益联接机制不够完善，合同约束力和履约率较低。农产品生产的标准化程度偏低，质量检测、监督、执法和社会化服务体系不完善，质量安全检验检测手段落后，农产品无标生产、无标流通现象较为普遍。

发展沙产业，就是充分发挥地区光热资源优势，在不断优化和切实巩固目前沙产业开

发及生态建设成果的前提下，加大重点产业建设和科技开发力度，以日光温室、地膜覆盖和先进节水措施为手段的设施农业、草畜产品高效转化种养基地和经济林培育基地为重点，促进传统农业向现代农业转变，形成一批沙产业加工名优品牌和加工型龙头企业，实现产加销一条龙、贸工农一体化的产业化经营格局，稳步提升沙产业在国内生产总值中的比重。

5.1　发展“沙漠设施农业”，实现可持续发展

设施农业是现代农业的显著标志，促进设施农业，特别是“沙漠设施农业”发展是发展沙产业的主要任务。在干旱半干旱地区，大力发展“沙漠设施农业”，可有效提高土地产出率、资源利用率和劳动生产率，提高沙产业效益和竞争力。而水资源匮乏、降水量少、日照强烈，昼夜温差大、气候干燥则是武威市自然环境的显著特点和生态系统脆弱的根本原因。将这些自然劣势转化为发展沙产业的优势条件的重要技术路线就是“多采光、少用水、新技术、高效益”，坚持保护与利用相结合，生态效益、经济效益和社会效益相统一，以保护为主，在保护中开发，努力提高资源利用率。通过光合效率的充分发挥和有效控制水分消耗，既可以带动地方农业经济的发展，又可以解决水地矛盾，促进生态平衡，实现可持续发展。

5.2　依靠高新科技，培育特色品种

要实现沙产业的发展，必须把握市场需求，致力于科技创新，结合创造高效节水的现代农业，扬己之长，抑己之短，探索求生存与可持续发展沙产业的路子，科学地利用自然，来实现人与自然的和谐，利用自然资源来增加和提高实际效益。坚持循环经济理念与可持续发展，努力实现传统沙区产业向现代高新技术沙产业的转变。培育龙头企业，增强发展后劲，从实际出发，为沙产业龙头企业的建立和发展营造良好的环境，吸引一批有资金、有能力的单位和个人加入到沙产业加工的行列，扶持和培育一批能带动沙产业发展的产品加工销售企业。着重支持酿造葡萄、棉花、草畜、中药材、瓜果类等优势产业加工企业建设。鼓励沙产业产品加工企业进行深加工技术的研究与开发，多出产品，出名牌产品，在科研立项、商标注册、产品销售等方面尽可能给予优惠和便利。

5.3　拓宽投资渠道，抓好项目建设

坚持遵循自然规律与市场规律相结合，采取科学的态度和方法，科学决策，有序推进。打破区域、行业界限，通过合并、提升等形式，整合机构、整合技术力量，增强整体实力。对沙区资源的人工培育、加工利用等重点技术组织研究攻关，研究适应沙产业发展的高新技术；论证筛选一批有发展潜力、经济效益好、市场前景广阔的沙产业项目，建立项目库，以项目建设为载体，多渠道、多途径争取国家和省上的资金、政策支持。加大招商引资力度，建立市、县区政府投资沙产业的长效机制，把沙产业开发纳入财政预算，每年投入一定比

例的资金，用于沙产业高新技术实验研究、技术推广、科技培训；加大沙产业资源的推介力度，以合资、合作、独资等形式，多渠道、多途径开展招商引资，走以“国家投资为引导，地方政府投入为补充，广泛吸纳社会力量投资开发沙产业”的发展路子，推进沙产业健康发展。

小小沙棘大产业,生态经济双收益

——发展沙棘产业的思考和建议

邢丽光*

沙棘是一种多年生的灌木或小乔木,是目前学术界发现的唯一能把生态效益、经济效益和社会效益集注于一身的作物。发展沙棘产业是贯彻落实科学发展观的、加快发展步伐的重要举措,也是大地增绿,农民增收、企业增效、社会受益的重要途径。近年来,沙棘产业在我国和甘肃省都有了一定的发展,但其规模、经济效益、技术含量都很不适应经济发展的需要,亟待采取措施加以改进和提高。我们在综合研究、深入思考的基础上,对如何发展沙棘产业提出一些思考和建议。

1 沙棘的作用和价值

沙棘起源于旧大陆温带,据今已有4000多万年的历史。我国是世界上药用记载最早的国家,一千多年前的唐代,我国就形成了记载沙棘药用的经典著作多部。我国沙棘的种类很多,且分布较广,它的经济价值、生态价值和社会价值很大。

1.1 沙棘具有很高的生态价值

一是水土保持、拦洪落淤能力强。沙棘根系发达,主根不明显,多数根系呈水平分布发育,0～40厘米土层为根系的密集层,根量占72%,根长占54%。人工种植沙棘1～3年后开始萌蘖串根,每年水平辐射1～3米,一般单株沙棘第3年可产生10多株沙棘幼苗。由于沙棘的串根能力强,一般每亩荒地只需栽种110～150棵,4～5年即可郁闭成林。大规模种植能够快速恢复植被,绿化荒山。黄土高原水土流失最严重的是沟坡和沟道,沙棘的灌丛茂密,根系发达,形成"地上一把伞,地下一张网"。在一些陡险坡面上,沙棘利用其串根萌蘖的特性,可将难以施工的地貌固定并绿化,而且可提高土壤的抗冲性和抗蚀性。据调查,沙棘林内每年积沙厚度达5～10厘米,茂密的沙棘林可减低风速,抵挡风沙入侵。在坡度25度的沙棘林下,有2厘米厚的枯枝落叶层,就可比农地减少地表径流量87.1%,减少土壤流失量99%,表土水蚀减少75%,风蚀减少85%。

二是防风固沙能力强。在降水量350～400毫米的沙漠边缘,沙棘不但能生长,而且能够自我繁殖形成群落,当覆盖度达到40%以上时,就能有效的发挥防风固沙作用。沙

---

* 邢丽光,甘肃大业生态林业有限公司董事长。

棘可以作为绿篱或观赏树种，春夏一片绿色，秋冬季节红红的果实挂满枝头，形成美丽的风景。

三是对治理砒砂岩有奇效。在黄河中游的晋陕蒙交界的地区，有面积达 1.9 万平方公里的砒砂岩地区，被称为“地球癌症”和“世界土壤侵蚀之最”。该地区种植了 100 多万亩的沙棘之后，减沙率达到了 87.5%，沙棘在砒砂岩上能够正常生长，并护住了坡面的土层，抑制了沟底的冲刷。沙棘作为柔性坝能够阻拦洪水下泻、拦截泥沙，提高沟道侵蚀基准面。

四是沙棘对生物多样性有重要的影响。沙棘在种植 7～8 年后，即可形成林茂草丰、覆盖率达 80%以上的灌木-草本群落，13 年后，林内天然灌木和草类比种植前能增加 80 多种。我国西北地区动物稀少的原因除了植被面积小，缺乏动物栖息地之外，还有一个重要原因是动物缺少过冬的食物。沙棘果实冬天不脱落，成为鸟类、野鸡、兔子等动物过冬的食物，山羊、野猪等也有了，然后狐狸、狼等食肉动物也随之而来，使昔日不毛之地变为植被茂密、动物成群的良好的生态环境。

五是沙棘耐干旱、耐瘠薄、耐严寒、耐盐碱，具有顽强的生命力，加上固氮能力使它能够在生态条件十分恶劣的强风化裸露岩石上生长。种植沙棘的成本也比较低，仅为种树成本的 1/2。无论是山地、丘陵、高原还是河道、坡地、山梁，沙棘都能栽种生长。近几年，我国北方连续遭受干旱灾害，许多地区树死草枯，但沙棘林却安然无恙。

六是调节气候能力强。沙棘能吸碳吐氧，大面积成林后，可以起到调节气温、减少噪音、增加湿度和降雨量的作用。

1.2 沙棘具有很高的经济价值

沙棘是一种优良灌木浆果类经济树种，它全身是宝，堪称植物之珍品，神奇之果王，中华之瑰宝。它的果实极富营养及生物活性物质，正被用来制造多种食品、饮品、保健品、化妆品、药品等。沙棘从种植的第四年开始大量结果，亩产 225～380 公斤，一个农民每年可采果 800 公斤左右，创收约 1000 元。沙棘的枝叶有丰富的蛋白质、脂肪等，能加工成保健茶，也是很好的饲料，其营养价值高于普通牧草。2 亩沙棘林一年可以养活一只羊。研究表明，用沙棘饲养的羊产肉每只较其他草场高 5 公斤，产毛量高 30%。沙棘作为能源树种具有产薪量多、热量大、耐平茬等优点。1.3 吨沙棘柴相当于 1 吨原煤，一个农民种植一亩沙棘林，就可解决全年的生活用柴。沙棘可以增加土壤的肥力。沙棘是少有的固氮木本植物，沙棘的根系与某些固氮菌共生，形成根瘤。沙棘固氮强度超过大豆的一倍。一亩 5 年生沙棘林可固氮 12 公斤，相当于 25 公斤尿素的含氮量。因此，在贫瘠的土地上种植沙棘，能够肥沃土壤，为其他植物提供养分，形成生物多样性。2～13 年生人工沙棘林，年平均氮素积累量为 174.5公斤/平方公里。可以说，一丛沙棘林就是一个小型氮肥厂。生长沙棘的土地平茬种植土豆后亩产能增加一倍，且连种三年地力不衰。沙棘对企业的经济效益也很明显。每 1000 公斤沙棘果实初加工后，能盈利 2000 多元，深加工后盈利空间更大。

1.3　沙棘的社会价值也很客观

沙棘的果和叶，含有200多种人体必需的生化成分，其中维生素、氨基酸、黄酮、甾醇、磷脂、多糖、生物碱和不饱和脂肪酸、酚类化合物、微量元素等生物活性成分，其配合比例与人体之需奇妙的协调。维生素C的含量是植物中最高的，有维生素C之王的美称，超氧化物歧化酶(SOD)的含量超过人参，因此被誉为“神奇植物”。沙棘制成的药品、保健品等，对提高人的免疫力、治疗肠胃病、口腔溃烂、咽炎、便秘、心脑血管疾病、皮肤外伤、宫颈糜烂等具有显著的作用。沙棘油还能减轻癌症患者放疗、化疗的毒副作用。沙棘的药用价值不仅具有某些奇效，而且是人类通过开发利用生物资源解决化学药品副作用的理想选择对象之一。沙棘富含的多种生物营养成分对护理皮肤、防皱抗衰也有很好的作用。沙棘产业发展后既可以给国家创造更多的税收也可以大量安排城乡富余劳动力。

沙棘的综合效益如此之高，已经引起了社会上有识之士对发展沙棘产业的重视，一个大家关注沙棘产业、培育沙棘产业、发展沙棘产业的氛围正在形成。

2　沙棘产业的发展现状

2.1　沙棘在全世界的开发热潮正方兴未艾

目前世界上已经有20多个国家在推广利用沙棘，有潜力发展沙棘的国家已经有近20个。为了促进沙棘的开发利用，1995年、2001年分别成立“国际沙棘研究及培训中心”、“国际沙棘协会”，这两个国际组织的秘书处都设在北京，并经常开展活动。

2.2　发展沙棘产业已引起党中央、国务院领导的关注

中央领导对治沙、退耕还林和荒山绿化等工程倍加关心，近年来温家宝、吴仪、钱正英等领导仅沙棘问题就批示多次，并听取关于沙棘产业开发的汇报。在国家计委、水利部的支持下，2001年6月召开了“中国沙棘开发利用与生态工程建设国际研讨会”，2002年7月在北京召开了“沙棘在西部开发中的作用国际研讨会”，重点研讨了发展沙棘产业的问题，并把沙棘确定为生态建设中的关键树种和先锋树种。国家实施西部大开发战略以后，沙棘产业正在以前所未有的速度发展。现在我国已有沙棘面积137万公顷，野生和人工林约各占一半。沙棘面积及产量占世界总量的90%以上，是世界沙棘资源最丰富的国家。根据国家有关部门规划，到2010年，我国沙棘将新增加沙棘面积3000万公顷。届时我国沙棘种植面积将占世界沙棘总面积的98%。

2.3　全国沙棘产业发展较快

中国是世界上沙棘开发利用最早、最为广泛的国家。近年来，我国在沙棘的研究、开发、利用方面做了大量工作，沙棘开发企业已有200多个，已研制开发出了食品、饮料、医

药、保健、化妆品、饲料等八大类约 200 多种产品，2006 年产值达 5 亿元左右。全国的沙棘产业已形成了国办与民办双轮驱动的强劲态势，正在以前所未有的速度发展，它预示着沙棘产业的崛起。沙棘产品加工不仅促进了资源的合理利用，调动了群众种植沙棘的积极性，而且为贫困山区人民脱贫致富创出了一条新路。参与沙棘开发加工的企业正在以每年 30 家左右的速度发展。

2.4 甘肃省沙棘产业已经起步

甘肃省的沙棘种植历史悠久，分布广泛。经过 20 多年的努力，沙棘资源的建设与开发作为一项朝阳产业已引起了各级政府的重视，省林业厅给予了大力支持，越来越多的企业家和群众参与沙棘产业。特别是伴随着退耕还林、“三北”四期等林业重点工程建设的全面实施和人们认识水平的不断提高，各地沙棘种植热情高涨，沙棘人工林发展迅速。全省现有沙棘林面积已达 416 万亩，其中人工林 223 万亩，占总面积的 53.77%，结果面积 134 万亩，占总面积的 32.3%。仅 2004 年，全省就新增人工沙棘林 56 万亩。国内外专家考察认为，甘肃建设的优质大果沙棘繁育基地，堪称全国一流。全省沙棘果年总产量 36686 吨，其中可利用 22012 吨。全省现有沙棘加工厂 4 家，年加工利用量仅为 5000 吨，占可利用量的 22.71%，沙棘的开发尚处在初级生产加工状态，还没有真正形成产业。主要为国内外生产沙棘系列产品的加工企业提供原料产品。2001 年甘肃大业生态林业有限公司投资 60 万元，在年降水量 138 毫米，蒸发量大于 2400 毫米的金昌市金川区双湾乡种植了 4000 亩沙棘林。使昔日的“四荒”地改变了面貌，受到了省林业厅和当地政府的高度重视，起到了良好的试验示范作用，带动了张掖市的民乐县、高台县、临泽县、山丹县共种植沙棘 29 万亩；2003 年临夏回族自治州的康乐县种植沙棘 10 万亩，广河县 5 万亩；2006 年定西市的临洮县和岷县各种植 3 万亩。10 年中该公司共种植了 50 万亩。2005 年甘肃大业生态林业有限公司又投资 1000 多万元建成了康乐沙棘制品厂，被省林业厅列为甘肃省林业产业的龙头企业，同年，公司在全省 22 个县建立了 162 个收购网点，康乐沙棘制品厂的无菌灌装生产线年加工鲜果的能力为 2 万吨，建厂当年出口日本的沙棘原汁填补了甘肃沙棘产品出口的空白。在沙棘种植、管护、收购和加工的全过程中，全部雇佣当地农民，使农民成为产业发展的主力军，他们在不投入 1 分钱、不误农时、不远离家门的情况下，能够收到可观的经济效益，极大地调动了农民种植、管护沙棘的积极性，当地政府把发展沙棘产业作为农民脱贫致富，增加收入的又一渠道。

2.5 沙棘产业发展存在的问题

虽然近几年沙棘产业有了很大发展，但还存在不少问题。

一是认识跟不上。由于宣传力度不够，对沙棘作用的意识仅限于少数高瞻远瞩的领导人以及一些有识之士、专家学者、水土保持工作者和部分企业家，发展沙棘并未引起许多重要决策部门、行政及业务主管部门的重视。

二是投入资金不足。有关部门尚未把沙棘的发展列入规划，省财政部门支持力度较小，市县财政基本上没有专项经费。社会资金也很少参与沙棘产业。

三是忽视了沙棘对恢复生态的作用。近50年的生态环境建设中最大的教训是在不适宜林木生长的区域和地段营造乔木林，忽视了沙棘种植，造成“年年造林不见林，岁岁种草不见草”的尴尬局面。

四是采摘加工能力落后。沙棘果采摘目前还完全依靠手工，机械化采摘属于空白，劳动强度大效率低。甘肃省沙棘产业仍然处于单纯种植和简单的粗加工阶段。虽然建成了一些企业，但大都规模小、技术水平低、设备简单、产品单一，产业链短，产品质量的稳定性也不高。

五是市场开发力度不够，沙棘的产业化、规模化、效益化程度很低，以市场促加工、以加工促种植的拉动作用还不明显，难以获得比较高的经济效益。

六是天然沙棘林果小产量低，更新改造任务很大 。

七是新产品研发力度不够，没有形成知名品牌。沙棘的综合利用水平低、产品成本高的问题没有得到根本解决。

3 关于发展甘肃沙棘产业的战略思考和建议

随着经济的快速发展和人们生活水平的提高，健康被越来越多的人重视，沙棘制品的需求在今后一个时期内，将处于需求量不断增长的局面，沙棘原料及其高品质制品的价格将会稳中有升，市场前景广阔，发展十分诱人。发展沙棘产业，是利国利民的好事。认识沙棘、研究沙棘、发展沙棘、善待沙棘、开发沙棘对人类自身的发展有百利而无一害。我们应该从贯彻科学发展观、搞好生态建设、增加农民和财政收入、促进社会经济发展的高度，认识发展沙棘产业的重要性，并采取得力措施，抓好这项工作。

建议把甘肃省发展沙棘产业思路确定为：以科学发展观为指导，抓住西部大开发的历史机遇，集中一定的财力、物力、人力，推广和普及沙棘优良品种，研发新产品，形成知名品牌，开拓市场，大力发展沙棘产业，为大地增绿、农民增收、财政增税和安排城乡富余劳动力，促进经济社会发展作出积极贡献。

在发展沙棘产业的方针上，可实行快速、持续、大规模。所谓快速就是在短期内采取得力措施，力争发展得更快；所谓持续就是要连年不断地、长久地抓好这项工作，不能懈怠和中断；所谓大规模就是省地县、国企、民企齐行动，每年以种植沙棘面积50万亩以上的速度发展。

在指导原则上，可采取七个结合：把发展沙棘产业同生态建设、退耕还林、荒山绿化、防风固沙有机地结合起来，用足用好国家的政策；把发展沙棘产业和项目建设有机地结合起来，通过项目建设使沙棘发展落到实处；把发展沙棘产业同扶贫开发、建设新农村有机地结合起来，实现农民和企业的双赢；把发展沙棘产业同发展县域经济有机地结合起来，努力培植区域优势主导产业，增加地方财政税收；把发展沙棘产业同安排城乡富余劳动力

有机地结合起来，实现双促进；把发展沙棘产业同加强农村基层组织建设结合起来，通过种植沙棘增加集体资金积累，为群众办更多的实事好事。

发展沙棘产业是一个涉及面广、难度大的工作，没有强有力的领导、过硬的措施是难以取得实效的。在工作指导上，可采取以下六条举措。

(1)切实提高对发展沙棘产业重要性的认识。新闻媒体应加大宣传力度，拍摄沙棘专题片，大力宣传发展沙棘产业的重要性和综合效用，切实提高人民群众特别是领导干部的思想认识，尽快在全社会形成发展沙棘产业的共识，增强搞好工作的责任感和主动性，为发展沙棘产业打下坚实的基础。

(2)切实加强对发展沙棘产业的领导。建议省委省政府把发展沙棘产业列入工作议事日程，给予必要的指导。研究制定发展沙棘产业的优惠政策，出台相关的法规文件，调动各方面的积极性，共同参与其中。强化现有沙棘办公室的职能，使其具有权威性和专业性。在适当的时候召开全省沙棘工作会议，交流经验、研究措施、部署工作。成立甘肃省沙棘行业协会，提供必要的信息、技术等服务。

(3)加大资金投入力度。省上应该把发展沙棘产业作为规划的一项重要内容，省财政每年应列支专项经费，沙棘产业发展的重点市县也应列出必要的资金，专门用于发展沙棘产业。银行应给沙棘种植和加工企业给予适当的贷款。同时要善于利用社会资金，支持沙棘产业发展。还要努力争取国际金融合作，获得全球环境基金等专项资助，并引进具有实力的国外机构投资沙棘产业。经过努力，力争尽快形成投资主题多元化和投资方式多样化的机制。并要加强对资金使用的监管，确保资金的安全、合理使用和效益发挥。

(4)创新沙棘产业开发模式。采取市场牵龙头、龙头带基地、基地连农户的产业化开发模式，实施产加销一体化的产业化开发，创造良好的经济、生态和社会效益。采取荒山拍卖、公司收购、租赁承包等多种灵活的方式，切实扩大良种沙棘的种植面积。结合林权制度改革，建立谁种植谁拥有谁收益的激励机制。逐步形成生态效益属于国家，种植和采摘效益属于农民，加工效益属于企业，综合效益属于社会的格局。

(5)加强科研开发力度。采取企业、学校、科研单位联合攻关模式，争取一定的经费，从沙棘种质资源、品种选育、栽培技术、质量标准、储藏保险、深度加工、包装运输、技术服务等系列化配套的沙棘产业科技攻关课题，实现沙棘的综合利用。特别要加强培育和推广无刺、大果、高产、抗逆性强、品质好的优良沙棘品种，建立有一定规模的无农药、无化肥、无污染的沙棘基地，以便尽快把资源优势变为产品优势、经济优势和市场优势，大幅度提高沙棘的科技含量和经济效益。

(6)提升企业的质量经营水平。沙棘产品具有国际消费基础，为了在保证国内市场需要的前提下拓展国际市场，我们应有相应的质量保证手段，进行 HICCP 和 ISO9000 认证，为沙棘参与竞争铺下绿色通道。引进有实力的外企作为战略伙伴，让其参与甘肃沙棘产业开发。逐步实现国际化经营，建立以质量提升为中心的国际战略联盟，把市场竞争与合作结合起来，实现互惠互利。

沙棘是生态建设的先锋，人类健康的卫士，农民增收的朋友。只要我们加强领导、多方合作、措施有力，沙棘产业就一定会得到快速发展，并为促进经济社会发展发挥重要作用

这是朝阳产业，是健康产业，是有意义的实业。

流动沙丘的固定和利用

娄志平*

宁夏中卫市沙坡头，是观赏沙漠风景和考察沙漠流动规律的好地方。从人烟稠密的城镇到没有人烟的大沙漠，其他地方要先经过一段荒凉的，植被稀稀拉拉的过渡区域，这种过渡区域一般的交通工具是无法通行的，大功率越野车，司机还得随带铁铲，随时防备车轮陷进沙里。而去沙坡头看大沙漠就很方便，从中卫市内出发，出租车 15 分钟就到达沙坡头沙漠景区，下车后跨过包兰铁路，走过 500 米中卫铁路林场的草方格植被带，一望无际的腾格里沙漠就呈现在眼前，高高的流动沙丘起起伏伏构成金色的丘陵，爬上一个又一个沙丘的顶部，只见沙丘前方有更高的沙丘，望不到边。仔细观察，你可发现流动沙丘的形状是有规律的，主风向迎风面坡度大都很平缓，背风坡就很陡。当多个流动沙丘串联在一条线上构成了沙丘链。顺着这个沙丘链的背风坡底，会出现一条长长的凹沟。再仔细看，凹沟内的沙只会水平方向流动或向高处流动，高处的沙却流不下去。在比较高的流动沙丘，还可以观察到一个有趣的现象——无论是迎风坡还是背风坡，刮风时沙粒都向沙丘顶部跳跃流动，只不过迎风坡向上的流沙是连续的、大量的，背风坡向上的流沙是断续的、少量的；在沙丘的沙脊线上，流沙会自动堆积成一条窄窄的沙脊平台，流沙从迎风坡跃上沙脊平台，一部分随风冲向空中呈抛物线洒落在背风坡上，一部分在沙脊平台背风坡一侧堆积起来；流沙在背风坡顶部堆积到坡度大于 33°角，就向背风坡塌陷下去，其景观好比是发生了微型雪崩。不同的是，雪崩可以从山顶一泻而下冲向山底，沙丘顶部塌陷的沙，塌陷到坡度小于 33°的坡面时，就会停止。所以高大的流动沙丘背风坡顶部，坡度大都接近休止角。刮风时背风坡上的沙，不会因为顶部的沙向下塌陷而改变方向，仍然在风力的顶托下向坡顶跃动；这就形成了在刮风的时候，不但从沙丘迎风坡沙是流向坡顶的，背风坡的沙也从相反的方向流向坡顶的奇妙景象。其实这种现象用流体力学是很好解释的：由于迎风坡对风的阻挡，风从坡顶冲向空中，在沙丘背风坡顶部造成低气压，空气从背风坡坡底流向坡顶补充，产生自下而上的气流，把背风坡的沙向坡顶吹送。

1 流动沙丘越高越陡越稳固

人们对流动沙丘越高越陡越稳固可能有怀疑，因为过去人们只把流动沙丘看作极难抗拒的自然灾害，从来没人把流动沙丘作为沙障来研究，因此也没有人把流动沙丘作为高

* 娄志平，中国系统工程学会草业委员会委员，甘肃省沙草产业协会会员，浙江省嵊州市娄志平生态工程研究所工程师。

立式沙障加以利用。实际上流动沙丘整体是不会也不可能流动的，流动沙丘流动的只是浅表层的沙。虽然在风力作用下，沙丘表层沙会被抛高几厘米或几十厘米，但会很快从前方掉下来，然后又被风吹弹起来。大风只能把流沙推向沙丘顶部后，把部分沙呈抛物线洒向背风坡，但无法把流沙带离又高又陡的沙丘，被风卷入空中带走的只是流沙中的微粒和尘土。为了验证流动沙丘越高越陡越稳固，人们可去敦煌鸣沙山和月牙泉风景区考察。又高又陡的鸣沙山脚下是一汪月牙状清泉，月牙泉夹在两座又高又陡的沙山之间。由于气候干燥，鸣沙山上除了散沙，找不到一块粘结在一起的沙团。无论刮的是什么风，刮多大的风，站在月牙泉边，你能见到的是风把东南方沙丘底部的沙，向东南方沙丘顶部吹送上去，同时把西北方沙丘底部的沙，向西北方沙丘顶部吹送上去，流沙的运动在月牙泉边是方向相反左右开弓的。这就是自然规律，也是鸣沙山和月牙泉向人们展示的自然现象。即使人们故意踩塌鸣沙山山脊上的沙脊线，过不了多久，风力会把塌下的沙送回脊顶，沙脊会自动恢复原状。鸣沙山和月牙泉有记录的历史已有两千多年，至今仍各就各位，岿然不动，在鸣沙山和月牙泉外围拉起铁丝网实施保护，只是近年兴起的商业行为，保护的也只是商业利益。近来月牙泉缩小变浅，并不是两旁沙山的流沙堆积造成，而是因为周边对地下水过度开采，地下水水位下降造成的。沙往高处流，流动沙丘越高越陡越稳固，千年的鸣沙山和月牙泉就是物证，又高又陡的鸣沙山，既是存储流沙的仓库，也是阻止沙漠流动的沙障。因此我们可以从这里得到启发——通过人为设置障碍把流动沙丘的沙脊线固定住，流动沙丘就成为固定了的高立式沙障。这种由自然力构成的沙丘沙障，拦沙效果是其他沙障望尘莫及的。

2　流动沙丘的固定和利用

2009 年 10 月中旬，笔者来到敦煌莫高窟崖顶，看到民工正在崖顶附近的流动沙丘上施工草方格。从沙丘的背风坡坡底到坡顶，翻过坡顶到迎风坡的坡底，整个流动沙丘被草方格覆盖得严严实实。其实把整个流动沙丘用草方格覆盖起来，除了沙丘顶部沙脊线上的草方格能起沙障的作用，迎风坡上和背风坡上的草方格是不起拦沙作用的，沙漠流沙照样会埋压了迎风坡的草方格后，向坡顶推进；而背风坡的沙，即使不扎草方格，也只能在水平方向左右流动或向坡顶流动，不会向下流走，扎草方格等于是无效劳动。所以草方格不适合做拦截流动沙漠的第一道防线，只适合在第一道防线后面固定就地的流沙，是否有更科学、更方便、更经济的固定流动沙丘的方法呢？笔者经过多年观察和实验，发现只要在流动沙丘顶部沙脊线上施工一道高度为 30 厘米的沙障，这个流动沙丘就会被牢牢地固定住。当沙脊线上的沙障被拦下的流沙堆埋到高度小于 5 厘米时，只要及时把沙障提拔抬升起来，这个流动沙丘就以沙障为脊顶向上堆高，流沙就被封存在沙丘上，沙丘只会增高，不会向前移动了。因此，固定流动沙丘，没有必要在迎风坡和背风坡严严实实地施工草方格，只要在沙丘顶部沙脊线上设置一道高 30 厘米可以提拔抬升的沙障就行。把一个一个流动沙丘顺着沙脊线用可以重复抬升的沙障串联起来，使沙障如万里长城一样随沙丘沙

脊线延伸，沙障下的流动沙丘就被固定住，成为渐渐增高的，可有效拦截流动沙漠的拦沙坝。

3 八字形网笼沙障

既能抵抗风暴，牢固地挺立在流动沙丘顶部的沙脊线上，又能够把被流沙堆埋了的沙障重复从沙脊线提升起来，这种理想的沙障就是笔者经过多年试验后制成的八字形网笼沙障。八字形网笼沙障由前网笼片和后网笼片组合而成，前网笼片和后网笼片顶边相互紧靠，底边分开构成八字形，网笼片由孔隙度15%，宽幅30厘米的塑料丝网做网笼面，网笼面上间隔50厘米置一根支撑杆，网笼面和支撑杆构成网笼片；前网笼片和后网笼片规格相同，尺寸相同，可以互换。把前后两张网笼片左右绷紧，按八字形架设在沙漠上，沿设计路线左右方向一个接一个拼接起来，再在网笼沙障的底边上面埋压5～15厘米厚的沙漠沙，八字形网笼沙障就稳固地架设在沙漠上了，施工简单方便。由于八字形网笼沙障的网笼片只有30厘米的宽度，即使完全被流沙掩埋，也可以轻松地把网笼从沙堆中提拔出来重新架设。经过一年多观察，在较高的流动沙丘沙脊线上施工的八字形网笼沙障，拦沙功能可以保持一年以上。在平坦的沙漠上，网笼沙障几天就会被拦截的流沙堆埋，需及时提升网笼，随着网笼一次一次提升，网笼沙障下面就形成一条沙坝，随着网笼沙障的提升和沙坝的增高，沙坝顶部的容沙量随着增加，网笼需提升的时间间隔也一次比一次延长。

4 八字形网笼沙障的施工实例

一道施工在沙脊线上的八字形网笼沙障，能否固定住流动沙丘？在地势平坦的流动沙漠上，能否用被网笼沙障拦截下来的流沙构筑拦沙坝？用八字形网笼沙障构筑起来的拦沙坝，能否制止沙漠扩张？要得到结论，就必须用工程实例来验证。

2008年4月，在内蒙古磴口县政府韩永光副县长、磴口县林业局孟彪局长和康建成队长的帮助下，笔者在磴口县境内的乌兰布和沙漠上选择了一处地势平缓的流动沙漠，在沙漠上沿一条直线施工了长1.5公里的八字形网笼沙障。由于地势平缓，过了十几天，局部网笼沙障就被拦截下来的流沙堆埋，笔者和民工把被堆埋的网笼从沙堆中拔出来重新设置在沙堆顶部。二个月后，网笼沙障几乎全线被沙埋压得只剩下网笼支撑杆的顶端，一条明显的沙埂横亘在沙漠上，1.5公里的沙埂没有一处残缺。由于那里需越野车才能进去，笔者承受不了高额车费，就没有再去那里提拔网笼。2009年7月，笔者再去那里察看，一条笔直的以网笼沙障顶端为顶部的沙埂，依然横亘在沙漠上，只要把网笼从沙埂中提升起来，沙埂就能随着网笼的提拔而增高，构筑成一条笔直的沙坝。

2008年10月，在铁路中卫林场张登彬主任和沙坡头工区张兰革工长的帮助下，笔者在沙坡头沙漠风景区西侧的流动沙丘沙脊线上，施工了长5公里高30厘米的八字形网笼沙障。网笼沙障随着流动沙丘沙脊线的起伏而起伏，好像长城一样，把一个一个流动沙丘串联起来。通过提拔网笼沙障，一条长5公里，和包兰铁路平行的网笼沙障拦沙坝已经成

形。2009年笔者多次提升网笼沙障，不但增高了拦沙坝，还使拦沙坝迎风坡顶部和背风坡顶部，都变成了陡坡，拦沙效果更加显著。腾格里沙漠流沙已无法从这个网笼沙障拦沙坝向外流走。

5 八字形网笼沙障的适用范围

八字形网笼沙障可按需要制成多个规格，在工厂大批量生产。网笼面的宽幅如果超过50厘米，就很难从沙堆中提拔出来，但能延长拦沙时间，适用于永久性埋置于沙坝中，网笼面宽幅如果小于25厘米，又太容易被沙堆埋，所以网笼面宽幅以30厘米最为合适。

在沙漠边缘的流动沙丘沙脊线上施工一道八字形网笼沙障，并及时提升被流沙堆埋的网笼，能把沙漠流沙拦截封存在网笼沙障下面的沙丘上，把流动沙丘变成固定的拦沙坝。因此，八字形网笼沙障，可以把已经汇聚在一起的乌兰布和沙漠、腾格里沙漠和巴丹吉林沙漠，在阿拉善地区重新分开。对于已侵入阿拉善地区的流沙，可在入侵的流动沙丘沙脊线上施工八字形网笼沙障，把流动沙丘拦截封堵起来。从拦沙效果看，一座用网笼沙障固定的流动沙丘，抵得上一片相同高度、相同面积的树林，可为阿拉善生态恢复创造条件。

在流经沙漠的黄河岸边设置八字形网笼沙障，可杜绝流沙侵入黄河。

在海滩岸边设置八字形网笼沙障，可阻止海沙侵入陆地。

在沙漠公路和铁路两侧施工八字形网笼沙障，可阻止流沙入侵路面。

在遭受风沙灾害的田头迎风面设置八字形网笼沙障，可阻止流沙侵袭田地，免除或减轻风沙袭击农作物。

在肉苁蓉生产基地，可用八字形网笼沙障抬高指定的沙面，不让肉苁蓉露出沙堆，以提高肉苁蓉质量。

在开始活化的固定沙丘顶部设置一道八字形网笼沙障，可以重新牢牢地固定住该沙丘。

八字形网笼沙障可以在全世界其他流动沙漠固定流动沙丘、拦截沙漠流沙、遏制沙漠化，为那里的生态恢复创造条件。

以沙产业理论为指导，发挥地域特色，打造沙漠品牌

柴再军*

阳光充沛、昼夜温差大、空气干燥是甘肃河西走廊干旱、半干旱地区自然资源的最大优势。早在 1984 年，我国著名科学家钱学森先生就创造性地提出了“多采光、少用水、新技术、高效益”的沙产业理论。多年来，这一创新性现代农业理念，受到了宋平等许多中央领导的高度重视和大力推崇。温家宝总理曾专门就此作出批示：“钱学森和宋平同志提出，在我国西部戈壁沙漠发展沙产业、阳光农业，这些重要的理论和意见值得重视。一些地区的成功实践充分说明，办好这件事不仅有经济意义，而且有社会和生态意义！”1995 年，全国第一次沙产业开发工作会议在张掖等地召开，按照宋老所指出的“甘肃要脱贫、要缩小东西差距，发展农业型沙产业是一条路子”。中国科协、林业部和甘肃省政府首先选择张掖等地建立了试验点和示范基地，率全国之先，开始了对钱老沙产业理论的探索与发展历程。

甘肃三鑫农林科技有限公司作为我省河西地区沙产业发展的积极实践者，17 年坚持不懈，不仅培育出 3 万多亩人工绿洲，且已使我国成为继美、德之后，第三个拥有黑番茄种质源及种植基地的国家。陆续开发出了“大漠紫光黑番茄”、“祁连冰提”等一系列独具沙漠特色的品牌产品，带动干旱沙区农民发展起了一黑（黑番茄）一红（红提葡萄）特色产业。

1　从培育超旱生林木入手，改变沙区生态环境

1994 年，公司向政府申请划拨了高台县沙嘴墩的 3 万亩沙荒地，开始了实践沙产业之路。

我们曾驱车跑遍全国农林院所及高新农业示范区，在 43 天时间里考察了全国 9 个省的 102 个县，最终，我们把选育耐寒耐旱苗木作为主攻方向，从根本上提高防风治沙的实际效果。但是，在生态脆弱，年降水量不足 100 毫米，蒸发量近 2500 毫米，而光热资源又非常充足的地区搞造林，必须充分运用现代科学技术。樟子松，是国家“十五”期间“三北”地区重点推广的科技星火项目，有“沙漠王”之称。我们自 1996 年开始培育以来，至今已繁育 1200 亩，300 多万株幼苗和 200 多万株工程苗，成为国内规模较大的樟子松育苗基地之一。祁连圆柏，是祁连山特有的珍稀树种，属国家二级濒危植物。我们深入祁连山，

* 柴再军，甘肃三鑫科技公司董事长。

翻大坂，攀悬崖，实地观察其生长习性特征并采种育苗，现已繁育 120 亩，200 多万株；2002 年经科技部门鉴定验收，“祁连圆柏沙区育苗技术”达到国内领先水平，并填补了国内空白。沙地柏、沙冬青育苗技术达到省内领先水平。公司先后共培育成功耐寒旱苗木 600 多个品种，大面积育苗和推广的有 10 多个品种，已经成为全国较大的沙漠农林科技示范园和全国最大的樟子松繁育基地。而今，昔日的沙漠盐碱地，早已经变成了我国目前最大的樟子松基地和北方最大的沙漠农林科技示范园；过去的风沙口也已经蓬蓬勃勃地生长起了河西走廊咽喉要塞上的重要绿色屏障，为当地的工农业生产和人民安居乐业，发挥着不可替代的环保作用。

同时，我们充分利用培育超旱生树种的新技术，先后承担了酒泉卫星发射中心、敦煌、青海格尔木和新疆乌鲁木齐市妖魔山、塔克拉玛干沙漠公路试验段等处生态绿化项目共 60 多项，合格率均为百分之百，既美化了干旱地区城市和道路，公司也有了经济效益。

2 发挥沙区地域特色，开发特色农产品

“沙产业就是在‘不毛之地’搞农业生产，而且是大农业生产。”在逐步解决了区域性防风固沙的迫切环保问题之后，我们把发展的目光转向了甘肃河西地区长期存在的“治沙不治穷，到头一场空”的经济社会发展问题。通过认真领会钱老提出的沙产业理论，我们深刻认识到，要保证治沙与致富双赢，生态与生计兼顾，“绿起来”与“富起来”结合，就必须按照钱老的沙产业理论去积极探索，发挥干旱地区阳光充足的特点，变劣势为优势，不断研发一些“多采光、少用水、新技术、高效益”的适生农业新产品，从而延伸阳光农业产业链，提高治沙的经济效益，这样才能真正将沙区变成干旱区人民的福地。

钱老曾指出：“干旱地区水资源短缺，但云量少、光照充足，有效地提高对天赐的‘取之不尽，用之不竭’太阳光能的截获能力，延长光合作用的功能期，更多地转化阳光为生物化学能，加大第一性干物质的积累，提高作物营养品质，把提供新食品源的任务赋予了具有独特阳光优势的干旱荒漠地区”。

沙漠地区有充足的光照，大面积的沙性洁净土壤，河西走廊还有无污染的祁连山雪水，这些独特条件都为生产有机健康食品提供了优势条件。在工业经济快速发展、化学和污染食品层出不穷的今天，沙漠净土、阳光必将成为人类有机食品的新发地。由此，我们通过广泛论证考察，开发了以下两个引人瞩目的沙产业特色农产品：

其一，我们充分利用河西走廊光照充足、气候干燥、昼夜温差大的条件，与国际先进技术团队合作，历时 4 年培育出了营养价值极高，又颇具沙漠特色“黑番茄”，并获得了国内独家种植源技术的成功，品种通过甘肃省农作物品种认定登记，经甘肃省科技厅组织专家鉴定，成果达到国内领先水平。黑番茄通过了有机食品认证，使我国成为继美国、德国之后，第三个拥有黑番茄种质源技术和标准化生产基地的国家。黑番茄曾被确定为北京奥运会特供食品，先后获得了第五届中国 · 东盟博览会“农业先进适用技术暨高新技术优秀参展项目奖”、第二届中国国际果蔬博览会“优质果品奖”以及“首届甘肃省农业博览会金

奖”等一系列殊荣。

黑番茄药食兼用，具有浓郁的水果香味、酸甜适度的口感，营养价值高，经中国科学院、农业部等机构检测，其主要营养成分：花青素、维生素 C、β-胡萝卜素、番茄红素、维生素 E、花青素、叶酸、烟酸、钠、硒、磷、锌等，是一个营养全面的黄金组合果品。对滋阴护肾和美白肌肤、减肥瘦身以及对男性前列腺具有很好的保健作用，并具有预防乳腺癌、子宫颈癌、前列腺癌、结肠癌与心脏病的功效。

其二，利用祁连山干旱山区冷凉资源优势，积极探索，推广种植温室反季节红提葡萄，并注册了“祁连冰提” 商标。就是这样一种原本生长在美国的舶来品种，经过他们因地制宜的设施栽培，使其落户在了海拔 2300 米以上的祁连山沿山干旱区。由于是反季节，上市后终端价格竟卖到了每公斤 60～80 元。这样一来，不仅满足了人们在寒冬腊月品尝鲜果的迫切需要，也为公司带来可观的经济效益。

除此，我们先后引进和培育了黑加仑、黑桑葚等多个节水高效的果蔬品种，4 项技术达到国内领先水平。

3 治沙不治穷，等于一场空

治沙不治穷，等于一场空。我们认为，要彻底摆脱越穷越牧(伐)、越穷越垦、吃子孙饭的恶性循环，关键是既要找出人与自然和谐发展的路子，又要发挥我们的地域和气候优势，特别是要通过对知识生产力的转化，生产出特色优质产品、打造出优良品牌，使农民增收、企业增效，促进地方经济快速发展和地区的可持续发展。

2010 年，我们自主投资 2900 多万元(一期)建成了全球第二条、亚洲第一条黑番茄加工生产线，着力打造“大漠紫光”品牌，专注研究黑色营养与生命科技，研发出高级营养粉、营养液等 42 个系列产品，形成“农、工、贸”一体化的产业链。在甘肃高台县的骆驼城乡等 8 个干旱沙区乡镇，通过签订保底收入合同，免费提供农资、种苗，免费技术指导，上门收购的方式，示范带动起了沙区三千多户农民种植黑番茄。年初向农户承诺每亩保底收入 3000 元，但实际收入平均达到了由种植红番茄的 1200～1500 元提高到 4600 元，部分管理较好的农户甚至达到了 10000 元，而且比小麦、玉米节水 40%以上，有力调动了周边农民发展节水高效特色农业的积极性。此外，他们还应全国各地的要求，将黑番茄良种推广到在包括北京、香港在内的全国近 30 个省、市、区试种，社会经济效益正在日益广泛地显现出来。

同时，我们积极牵头争取实施高原冷凉反季节温室红提葡萄种植示范项目，以提供技术、赊销种苗和订单包销吸引农户加盟，协调县信用联社为农民贷款，组织打建日光温室。最终，带动高台、肃南 2 个县的 16 个乡镇 2000 多户农民大规模发展反季红提葡萄，每座温棚收入达到了 2 万元，个别农户收入甚至还高达 4 万元，而每座温室的用水仅为 120 方左右，是种植小麦、玉米等大田作物的 1/3，产业效益令人瞩目。

4 以品牌战略带动沙产业的长足发展

温总理曾指示，企业要在激烈的市场竞争中立于不败之地，就必须创造名牌产品。名

牌不仅是一个企业经济实力和市场信誉的重要标志，还是一个国家经济实力的象征，是一个民族整体素质的体现！一个人口3亿多、GDP总量却达到10多万亿美元的美国和一个人口2亿多、GDP总量超过5万亿美元的日本之所以富裕，是因为他们分别占有世界35%和15%的品牌。

河西走廊的气候无与伦比，是黑番茄的最佳适生地，沙漠净土和祁连雪水又是生产有机食品的优势条件。沙漠苍凉厚重，这是大自然恩赐给我们的发展机遇。在经济全球化的今天，如果我们能够发掘西部特有的人文、地域、气候等特色优势，把科技和特色产业创新由跟随转向引领，把比较优势转向实际品牌的竞争优势，把单打独斗的企业生存压力变成一个整体配套的国家优势，实现品牌化战略，或许是促进河西这样的生态脆弱区域整体加速发展，实现产业惠民增收，品牌拉动经济，使荒凉变繁荣的一条真正出路。

目前，我们已加工黑番茄酱1700吨。如果按常规贴牌销售，按照目前每吨3.5万元的国际价格，除去近1.5万元的生产成本，我们即可获得3000万元左右的利润。但是，我们清醒地认识到贴牌销售仅仅是一个永远没有话语权、昙花一现的“蜜月期”，只有大胆“与狼共舞”，参与残酷的市场竞争，通过品牌营销，占领市场终端，才能够创造出让消费者熟知的品牌，掌握市场价格的话语权，彻底改变靠加工贴牌生产而获取微利的吃饭现状。

按照科学家钱学森的预言，21世纪沙漠将会给人类创造出上千亿元的财富。我们通过调查论证，最终将品牌战略核心定位于“发展沙漠产业经济，打造全球首个黑色营养健康专家”，重点发展黑番茄、黑加仑和黑桑葚产业。目前，高端产品正在由北京食品营养院等多家单位研究开发。已研发出高级营养粉、营养液等包括保健品、饮品、化妆品等的40多个系列产品，初步建立起“农、工、贸”一体化产业链雏形。我们要把农民种植作为第一车间，把加工作为第二车间，来力争农业标准化、工厂化、农民工人化、加工工厂现代化、品牌扩大化，通过终端产品研发、生产、加工和销售，生产出特色优势产品、打造出优良品牌产品，示范带动起广大农牧民群众的生产积极性，形成规模化的产业发展趋势，促进农民增收、企业增效，促进地方经济快速发展。

国以民为本，民以食为天，食以健为先。膳食关系到国民的健康，关系国家的繁荣与昌盛。健康食品和科学合理的饮食习惯是民族的繁衍之本。五千年中华饮食文化源远流长，尤以最早的沙漠农耕文化更加博大精深，成为华夏强盛文明的一枝奇葩。然而，进入新世纪我们突然发现，苏丹红、三聚氰胺事件屡屡困扰国民。时至今日，化学菜、农药食品和单纯的崇尚口感、色彩等过分寻求刺激的食品等不健康的食品和饮食习惯，使我们不得不思考：昔日贫弱受于鸦片之害被辱为“东亚病夫”的国民与今天吞食着垃圾食品的文明人有何差异？当世之戒，来世之师，化学食品已使消费者成为惊弓之鸟。我们将倾心研究黑色营养科技与沙漠经济，不断研发生产沙漠特色有机健康食品，决心将“大漠紫光”打造为中国独树一帜的民族品牌，以特色品牌带动干旱沙区经济的腾飞。

附录一

沙草产业相关的高端文献

高端文献导言

为了能从更高层面和更广阔的视野，认识、理解沙产业、草产业的科学内涵和重大经济生态意义。我们收录了长期领导中国水利工作的中国工程院院士钱正英，长期从事寒旱区冰川、冻土、水资源研究的中国科学院院士程国栋，我国草业农业系统开创人、中国工程院院士任继周，我国著名的沙漠与沙漠化科学家、国际沙漠研究协会主席王涛研究员的五篇高端文献。

这些文献中，钱正英院士提出了"在河西走廊、天然生态系统是草原甚至是荒漠，就不能够要求扩大森林覆盖率"、"在河西走廊防沙治沙的重点应当是放在制止超采地下水，恢复原有河道和湖泊以及制止草原超载过牧这三方面，而不是……要在沙漠边缘营造防护林"，沙漠地区"应通过调整产业布局来解决生态危机和水资源供给矛盾"的观点，并肯定和赞成兰州的科学家们呼吁的"需要一场产业革命"原意，就是钱学森提出的包括沙草产业的第六次产业革命；程国栋院士提出了"生产商品和服务所需要的水资源数量"的"虚拟水"概念和"贫水国家和地区通过贸易方式购买富水国家或地区水密集型农产品(粮食)"的"虚拟水战略"的观点；任继周院士针对干旱的黄土高原由于原有的"畜牧文化圈为农耕文化圈所占据，造成了严重的生态危机、灾害频繁和生产萎缩，建议在黄土高原区建立草地农业系统，建设黄土高原巨型畜牧业基地的意见；王涛研究员基于中国北方地区近50年来沙漠化土地的发展和近几年逆转的状况，全面系统地阐述了沙漠化防治的战略、方针，基本原理和基本途径。

他们高层面的科学观点和见解，对我们深刻认识、理解钱学森和宋平倡导发展的沙草产业，是定有裨益的。

科学技术的一个新理念

——人与自然和谐共存

钱正英*

河西走廊是甘肃省经济发展的重要支柱，也是全国的战略要地。在过去的发展中，河西走廊的农业生产技术水平和经济水平不仅走在甘肃省的前列，也走在西北地区的前列。但是，经过大跨度的发展以后，今天面临生态环境的严峻条件，由此带来了社会经济可持续发展的艰巨任务。因此，在探讨西北地区生态环境建设和社会经济可持续发展的问题上，河西地区也理所当然地应当走在前列。

这次会上，听了两个特邀报告和九个专题报告，也看了一些书面的报告，感到很有收获。马西林同志的报告很全面，我完全同意。我认为，甘肃省科协为探讨西北大发展的重大问题开创了一个好的方式。

我这次是专程来听会的，没有准备发言，而且事先给主持会议的同志再三说明。但是到这里看到会议已经印发的日程，为了尊重会议的安排，只能就会上所听到的发言和看到的论文谈一些感想。因为是仓促准备，发言中有错误的地方，希望同志们予以改正。我发言的总题目是：科学技术的一个新理念——人与自然和谐共存。下面分三个问题谈些看法：

1 人与自然和谐共存的发展方针，是随着人类社会生产力高度发展而提出的新的科学理念

回顾人与自然的关系，可以说，在农业社会是被动地适应自然；在工业社会是大规模地改造自然，但是由于大量地消耗自然资源和破坏生态环境，最后威胁到人类本身的可持续发展。因此，在世界范围内，提出了可持续发展的问题。所谓可持续发展的意思，就是要让后代还保留可以发展的条件。为了实现这个要求，在进入知识经济的时代或叫后工业时代，人与自然的关系必须转变到与自然和谐共存。我们现在提出的高效节水防污的经济与社会，就是这种高度发展生产力的体现。这应当成为科学技术的一个新理念，各个领域的科学技术需要围绕着这个新理念来寻求发展。

对西北地区来说，能不能与自然和谐共存地发展社会经济，是今后西北大开发成败的一个重要关键。对河西走廊来说，这个问题就更为现实，更为迫切。

---

* 钱正英，中国工程院院士，曾任水利部部长、全国政协副主席。本文系作者在甘肃省科协2003年学术年会上的讲话（摘要）。

我在这里还想再说明一下生态环境建设的涵义。这个问题中国工程院沈国舫副院长在昨天的报告中已经作了说明，我想再补充地说一下这个问题。我们现在提的生态环境建设是中国特有的一个名词，在国外，没有这样的相应名词。国外有关生态环境的说法，一般叫生态环境的保护、生态环境的恢复、生态环境的改善或生态环境的重建，但是从来没有叫生态环境的建设。因此，中国学者在参加国际会议和在国外发表文章的时候，一般都避免直接翻译生态环境建设这个名词，而是和国外一样，称作生态环境保护、改善或恢复。为什么呢？为的是怕引起国外的误解，以为中国人想要违反自然规律，建设一个人工的生态环境，避免引起这样的误解。我们应当明确认识，生态环境是指地球上各个地区固有的天然生态环境，生态环境建设的目的是在开发利用自然资源时，尽量保护天然生态环境不被过度或根本破坏，以致于危害自身的可持续发展。如果一个地方的生态环境已经被严重破坏，那就应当尽量地加以修复或恢复，做到今后与自然和谐共存地发展。因此，要强调说明，生态环境建设的核心是与自然和谐共存，而不是我们有些同志所误解的，以为生态环境建设是又一次地"征服自然"，创建一个脱离当地自然条件的新的人工生态环境。

2　对农业、林业和水利工作的几点希望

本次年会由省科协和省农牧厅、水利厅、林业厅等部门联合举办，我认为很有必要。因为农、林、水这几个部门承担生态建设和社会经济可持续发展最重要的任务，也直接关系到人与自然和谐共存的发展方针。沈院长的报告已经阐述了我们在这些方面的基本观点，我在这里根据会议资料再提几点希望。

2.1　希望大家重视程国栋院士所提"虚拟水"的研究

程国栋院士是你们学术年会的学术委员会主任，也是这次论文集中第一篇论文的作者。我在几个月以前的中国科学院院刊上已拜读了他的这篇文章，认为程院士介绍"虚拟水"的概念很值得大家研究和注意。所谓"虚拟水"，是指生产商品和服务所需要的水资源数量，这个概念，在国外是 Tony Allan 在 20 世纪 90 年代开始提出来的。最近另外一个学者 A. Y. Hoekstra 又发表了一篇叫做《国家间"虚拟水"的贸易》的文章，水科院的有关同志准备翻译发表这篇文章。这篇研究国家间"虚拟水"的贸易文章，分析了一些农产品的虚拟水含量，作者根据国际一般的资料归纳了一些作物的"虚拟水"指标。例如，土豆 160 立方米 /吨，我把它折合成 0.16 立方米/千克，就是讲 1 立方米水能够生产多少公斤农作物。玉米 0.45 立方米/千克，小麦 1.2 立方米/千克，大豆 2.3 立方米/千克，大米 2.7 立方米/千克，至于这些指标是否合乎我们这里的情况，那就请同志们继续研究。他根据这些指标，分析了各国之间对外贸易商品中水资源含量的进口和出口的数量，研究一个国家进口商品中，含多少水；出口又含多少水。进口含虚拟水的商品就等于进口水资源，出口这些商品就等于出口水资源。文章中还特别分析了中国的情况，计算中国进口了多少水，出口了多少水，最后计算的结果，我记得是略有进口。西北水资源项目报告中提到了

粮食是水资源的载体，与程国栋院士的观点是一致的，省科协魏万进同志的报告也分析了粮食与水资源的关系，这些都可以归纳到虚拟水的概念。

当然，"虚拟水"的含量也要分析各种不同的情况。例如，在天然降水量比较多的地方，有些农产品的需水可以全部或者大部由天然降水这种广义的水资源供给，不需要通过灌溉使用狭义的水资源，如在南方地区玉米一般不需要灌溉。但是，在干旱地区，农作物都需要通过灌溉耗费水资源。总的说来，"虚拟水"的概念，可促使我们开拓思路，进一步研究如何建设和促进高效节水防污的经济和社会。

2.2 希望重视任继周院士提出的建立草地农业系统的思想

河西地区生态环境建设的一个重要关键，是减少当前的社会经济用水来补偿被侵占的河道下游的生态用水。社会经济的最大用水户是农业。在我们的项目报告中，分析了过去造成种种生态危机的根源，就是传统粗放的农业生产，过度和不合理地占用了水和土地的资源。因此，为了从源头解决生态环境破坏的问题，最主要的是，调整农业结构，转变农业生产的增长方式。我很赞成任院士的这个思想，也很赞成省农牧厅的报告，希望各地大力加以贯彻。

2.3 希望水利方面研究如何从"供水管理"转向"需水管理"

中国工程院在前一个咨询报告《中国可持续发展水资源战略研究》中提出的几个战略转变中的一项，就是从供水管理转向需水管理。所谓供水管理，就是怎样扩大供水，满足水的需求，简单地说，就是主要研究开源；所谓"需水管理"，就是根据供水的可能，研究怎样合理的用水，节制水的需求，实现供需平衡，简单地讲，就是主要研究节水。我认为，为了贯彻人与自然和谐共存，为了建设高效节水防污的经济和社会，在水利方面需要从注重研究开源转向研究如何真正推进节水。在水利方面要实现这种转变是不容易的，因为我们习惯的做法，是研究做多少工程来满足对水的需求，而不是研究如何对于水的需求加强管理。在有些地方，一方面给我们汇报节水措施，也给我们看一些节水措施，可以说成绩很大，并算出节了多少方水；而另一方面，又看到不断在开荒、造地，搞种种浪费水的事情。最后，我说你们是节水措施成绩很大，但用水总量不断增加。因此，我希望水利部门不要满足于建设一些高新技术的节水措施，而要注意用水总量的减少，这才是真正的节水。如何减少用水总量，水利部门的报告中也提到了，关键是加强统一管理，提高水价。我想再加一条，就是要积极主动地为农业的调整结构服务。我认为，用水总量要减少，最重要的还是调整农业结构。水利工程只有和农业措施密切结合，才能够在建设高效节水防污的农业中发挥最大的效益。

2.4 希望各个地方根据自己不同的实际情况，确定林业工作的重点

党中央、国务院关于加快林业发展的决定，很令人鼓舞，但是在贯彻执行中，需要分析各地的具体情况，才能真正有效地贯彻党中央、国务院的决定。例如，关于扩大森林覆盖

率的要求，在甘肃省就需要贯彻因地制宜的原则。我们都知道，甘肃省从南到北，跨越了湿润区、半湿润区、半干旱区、干旱区，可以说按照全国天然降水量划分的四大区在甘肃省全有。在甘肃省降水最丰富的地区，例如，甘南长江流域地区，它的天然的生态系统就是森林和森林草原，毫无疑问地应该扩大天然森林覆盖率。但是，在甘肃的北部，例如，在河西走廊，天然生态系统是草地甚至是荒漠，就不能够要求扩大森林覆盖率。

对河西走廊来说，我个人认为，重点是要下大力量搞好祁连山的天然林保护工作，这是河西走廊水资源的生命线。但是，从一直到目前所了解的情况看，祁连山脉的天然林保护工作还未可乐观，还有许多问题需要落实。

在河西走廊，防沙治沙的重点应当是放在制止超采地下水、恢复原有河道、湖泊和制止草原超载过牧这三方面，而不是像有些报告所提出的要在腾格里沙漠的边缘营造防护林。我们都实地考察过腾格里沙漠民勤县这一带，我们认为，那里之所以沙进人退，是由于上中游过量用水，流入民勤县的地表径流大量减少，民勤县为了维持它现在的经济，大量超采地下水，使地下水位大幅度地下降，造成植被死亡、土地沙化。因此，沙进人退是内在原因所造成，而不是外在原因。不是腾格里沙漠和我们过不去，而是我们自己和自己过不去。地方提出要国家支持，在腾格里沙漠边缘营造一条防护林带的建议，我认为是不可取的。因为，如果国家支持营造防护林带，用什么水源？如果是从外边调来的水源，例如，从黄河调来的水源，一方面，成本非常高，而另一方面，除了能造出一条林带以外，并不能解决大量地下水超采的问题，因而不能解决大面积植被的枯萎，不能解决土壤的沙化。最后只留一条林带，而大面积还是沙化，不能解决问题。如果不是用外来水源，还继续用当地地下水源的话，那就只会增加地下水的超采量，使环境更加恶化，建设的防护林带也难保证。反过来，我们看到在黑河流域，就创造了成功的经验。在黑河流域的下游，额济纳旗原来也是大面积的沙化，但是由于上中游采取节水措施，把水调到河道下游，恢复了下游的东居延海，最近还调到了西居延海。其结果我们也看到了，由于河道补给了两岸的地下水，天然植被很快地恢复了。不要你去营造防护林，大面积的植被可以自然地恢复。

3　要打破部门和地区的界限

河西走廊是一个整体的生态系统，必须打破地区和部门的界限，才能够保护和修复这个生态系统，为社会经济的可持续发展创造条件。

例如，我上面所谈到的四点希望，中心就是要求农、林、水三大部门互相学习、互相支持、密切协作。我认为只有这三大部门互相学习、互相支持、密切协作，才能够使本地区的生态环境建设和社会经济发展取得双胜利，才能够实现人与自然的和谐共存。

又例如，为了解决生态环境中的一些难点，就需要适当地进行生态移民，调整人口布局。从河西走廊的整体看，石羊河流域的人口密度最大，因为它发展的最早，疏勒河流域发展最晚，目前还有一些余地，这就需要打破地区的界限，由省里统筹考虑。

又例如，疏勒河上中游的用水，影响了敦煌绿洲区外围的荒漠，这也是我们去年在敦煌实地考察中看到的，由于党河和疏勒河两个河的断流，造成敦煌地区大面积的地下水下

降,荒漠植被衰亡,荒漠化发展。论文报告集中敦煌市的一篇文章就具体地谈到了这个问题,这也需要省里统筹研究疏勒河水资源的合理配置。

总之,希望大家都按照省科协年会的这个会标,“为建设一个人与自然和谐共存、生产发展、生活富裕、生态良好的大西北共同努力”。

转变发展方式——中国水利的战略选择

钱正英*

2000年，中国工程院在关于我国水资源问题的战略研究中，提出了以需水管理为基础的水资源供需平衡战略。其要义是，对水资源的供需平衡，要从过去的“以需定供”转变为“在加强需水管理、提高用水效率的基础上，保证供水”。

水利部提出建设节水型社会的目标，做了很多工作，取得了突出成绩。但从总体上说，与世界上一些水资源管理先进的国家相比，与我国经济快速发展的成绩相比，我国在用水效率和防治水质污染方面，仍处于相对落后的状态。究其根本原因，主要是我国水利界在需水管理方面，无论是理论上还是实践上，与世界一些先进国家相比还有相当差距；在规划的指导思想上，许多地方还停留在传统的供水管理阶段。

1 从供水管理到需水管理

人类社会的水利工作，一般都从供水管理起步。水利工作的产生和发展，主要是为了满足人类社会对水的需求；通过打井、开渠、筑堰、修建水库以至跨流域调水等各种工程措施，开发和利用地表和地下水资源，供应社会经济各方面对水的需求。我们过去在学校里学习的主要是这方面的知识。从某种意义上说，过去的水利工作主要是供水工作，我们只研究如何供水，很少研究如何合理用水。直到一些地方在水的供需上发生了矛盾，我们才开始研究对需水的管理。

在国外，率先研究需水管理的，可能是以色列。二战以后，以色列在筹备建国时，经过多方比较，最后选定了现在的地点，即西亚耶路撒冷以西的沿海地区。这个方案的最大问题是水源不足。因此，他们把解决水的供需矛盾，作为建国的首要条件。在全国开发和控制水资源的基础上，他们以实现用水的最大效率和效益为目标，进行严格的需水管理。例如，在立国之始，他们就制定了一个重大国策：自己不生产耗水量最大的粮食，而以出口耗水少、产值高的水果、花卉、蔬菜、棉花等来换取粮食。也就是说，他们是根据单位水应当产生的最大效益来分配水的使用权。从1948年到2003年，在以色列这样一个地处干旱和半干旱区的国家，人口从65万增长到680万，人均GDP从300美元增长到15000美元，但年人均淡水用量仍维持在300立方米左右。这是从传统的供水管理向需水管理转变的世界典范。

---

* 钱正英，中国工程院院士，曾任水利部部长、全国政协副主席。本文系作者在中国水利水电科学研究院所作的讲演。该讲演稿的共同撰稿人还包括中国水利水电科学院的陈家琦教授和冯杰副教授。

到20世纪70年代，一些水资源相对丰富的国家也开始转向需水管理。美国水资源总量29702亿立方米，人均水资源量近1万立方米。美国国家水资源委员会在1968年的报告中就预测，2000年、2020年全国总取水量将在1965年3725亿立方米的基础上分别增长200%和407%，达到11116亿立方米和18900亿立方米。但到了1975年，美国意识到如此高的用水量将无法实现水资源的可持续利用，于是做出第二次评价。美国综合考虑了水污染、水资源量等多种因素，决定大力加强需水管理，预测2000年的总取水量4572亿立方米，较1975年的实际用水量5010亿立方米减少了9%。实践证明，他们达到了预期的目标。

加拿大水资源总量31220亿立方米，人均水资源量达10万立方米。20世纪80年代，加拿大也提出了需水管理的问题。加拿大内陆水资源理融会水利规划和管理分部1990年发表的《加拿大的需水管理：技术发展水平回顾》中指出，加拿大的水管理者之所以要对传统的供水管理重新思考，研究采用需水管理，并不是因为他们缺水，而是因为水资源开发成本不断增长，水污染以及人们对环境问题的日益关注，需水管理的目的是使社会经济取得最大的综合效益。

再看看我们国家的情况。我国人均水资源量约2100立方米，大大低于美国和加拿大，但我们直到2000年才开始提出需水管理的问题。我们对需水管理的认识，大大落后于实际需要，可以说是在实践的教育下，才一步一步地逐渐认识到。

我国对需水管理认识的落后，首先表现为对需水预测的失误。从20世纪80年代以来，我们对需水量的预测普遍偏高，由此造成了对供水规划和供水工程在不同程度上的误导。对于全国的用水需求量，20世纪80年代初。水利部门曾预测2000年为7096亿立方米；但实际上2000年全国的用水量为5497.6亿立方米。

再看看分区预测。以山西为例，“七五”期间，当时山西省的缺水现象确实非常严重，水利部门据此曾多次预测：1990年的需水量为72亿～76亿立方米。2000年为90亿～100亿立方米，而实际1990年和2000年的用水量分别为54亿立方米和56.36亿立方米。由于对需水量的过高预测，造成了万家寨引黄工程建成后运营的被动。

北京市1990年以来水资源的供求规划，预测2000年总需水量为45.51亿立方米，实际2000年的用水总量为40.4亿立方米；2010年预测用水量为54.35亿立方米，实际到2007年用水量已降为34.8亿立方米。在此期间，北京市的社会经济得到迅速发展，万元GDP用水量2007年为34立方米，居全国前列（以色列为21立方米）。

中国工程院2000年的报告，虽然已认识到预测偏高的问题，但由于当时认识水平的限制，预测2010年和2030年全国需水总量分别为6300亿～6600亿立方米和7000亿～8000亿立方米。现在看来，这些预测数据也是明显偏高的。

2 需水管理存在的认识误区

需水预测大大偏离实际，使我们的水资源规划失去了对需水管理的指导作用，甚至还

带来一些负面影响。

现在看来，我们在有关需水管理方面，主要存有以下几大认识误区：

2.1　误以为随着经济发展，用水量必然不断增加

随着生产力发展的科技水平的提高，农业社会向工业社会转变，经济结构中二、三产业的比重相应提升，农业从粗放型转向现代化，以及相应文明水平的提高，环保意识的增强，循环经济的发展，许多发达国家的用水总量已从快速增长转为微增长、零增长以至负增长。就我们中国的情况来看，自 1997 年以来，也已进入微增长时期。

2.2　误以为发展工业必然大量增加用水

实际上，工业用水和农业用水的性质不同。农业用水是维持植物生命的蒸腾用水和作物棵间土壤的蒸发用水，它需要的水量大，而且绝大部分耗散于空中，不直接回归到地表或地下径流。工业用水大量是冷却用水、锅炉用水、输送废渣用水以及少量的化学反应用水，需水量相对很小，而且耗水率很低，可以重复利用，关键是要处理污染。

美国在 1965 年第一次水资源评价时，对制造业的用水量预测为 13.210 亿立方米/日，第二次评价为 12.714 亿立方米/日，相差不多；但取水量第一次为 3.028 亿立方米/日，第二次只需 0.744 立方米/日，因为水的重复利用率由 54.3%增至 94.1%。他们认为，提高水的重复利用率，虽然要付出相当代价，但可以减少取水量，而且有利于控制水污染，特别是控制废水中的有毒污染物，因此是经济合理的。

2.3　误以为节水和防污是两件互不相关的事

事实上节水是防污的前题。工业和生活用水的 70%以上，都转为污水排放。用水量增加，防治污染的任务也随之加重。许多地方，筹措了增加供水的资金，却没有同时筹措污水处理的资金，而在不少地方，污水处理所需资金大于增加供水资金。这是造成污水处理持续落后的重要原因。

因此，防治水质污染，必须从污染的末端治理转向以污染的源头治理为主，即：大力节水并大力提高重复用水率。

2.4　误以为城市化必然要大量增加城市用水

实际上，城市用水除少量的生活饮用水外，其他如绿化、美化、环卫等用水都可以通过对污水的再生利用来解决，有些工业用水也可以用再生水替代。城建部门确定城市用水的方针是：节水优先，治污为本，多渠道开源。城建部门对一些缺水城市的需水预测，都远低于水利部门，实践证明，他们的预测比较符合实际。

2.5　误以为农业节水的内容仅仅是节水灌溉

节水灌溉只是农业节水中的一个层次。农业节水的第一个层次是农业结构的调整，

即：农、林、牧业结构的配置如何更适合于它的自然环境。如：牧业需水大大少于农业，在干旱地区农牧业结构如何配置，对农业用水量的影响极大；在半干旱地区，农业的种植业结构如何配置，对农业用水量的影响也很大。北京市近年来农业用水量减少，其中一个重要原因是决定不种水稻。

农业节水的第二个层次是农业技术的提高，主要是提高植物本身光合作用的效率。农业节水的第三个层次才是通过节水灌溉，减少灌溉输水中的损失。我们需要研究各个层次的农业节水，不应仅限于节水灌溉。

2.6 误以为保护生态就是种树绿化

保护生态是指保护不同自然环境下的天然生态系统。在一些不长树木的荒漠地区，引用河水或抽取地下水植树种草，都属于营造人工生态系统，并非保护生态。营造人工生态系统所用的水量，实际上来自维持天然生态系统的水量，不可避免地将在不同种度上损害天然的生态系统。在沙漠的某个地区打井抽水，植树绿化，“人进沙退”，不可避免地将降低周边的地下水位，影响周边地区的天然植被，造成那些地区的“沙进人退”。陕西一些地方的群众总结：“人进沙进，人退沙退”。

2.7 误以为水资源配置就是为了满足当地现有经济发展方式的需要

许多地方的水利规划都提出，当地的水资源分布不适应当地的经济发展。我们可否换一个方向来思考问题：当地的经济发展方式是否适应当地的水资源分布？

2009 年 2 月 4 日《科学时报》头版头条的一篇文章，标题很醒目：《拯救民勤需要一场产业革命》。这篇文章的主要内容是：中央领导十分关注的甘肃省民勤县，地处石羊河下游，是一个严重缺水、形成生态严重危机的地方，但长期以来，石羊河流域却定位为甘肃省的商品粮基地。多位专家建议，是否可以在统筹甘肃省商品粮供需平衡的前提下，调整甘肃省商品粮基地的定位。他们认为，对民勤县的生态危机和水资源供需矛盾，不应通过调水工程，而应通过调整产业结构来解决问题。这就是供水管理和需水管理的不同思路。

3 我国需水管理的差距

总体而言，需水管理的目的是提高用水的效率和效益。世界银行最近提出的《应对中国的缺水》报告指出，在中国这样一个水资源紧缺的国家，水的生产效率却相当低，他们举了如下数据：

“中国水的生产率为 360 美元/立方米（注：相当于万元 GDP 用水量 397 立方米，2004 年数据），低于中等收入国家（4.80 美元/立方米）和高收入国家（35.80 美元/立方米），主要是由于经济结构不同以及用水效率的不同。”

“占取水总量 65％的农业用水，在各领域中生产率最低，主要由于灌溉系统中水的极度浪费以及水在各类作物间及流域内不同地区间配置不当，仅有 45％的农业取水真正用

于作物。”

“占总取水量24%的工业用水，平均重复用水率只有40%，而发达国家为75%～85%。”

“在中国，水的生产率低的主要原因是：水资源配置系统的低效。对海河流域的最近调研反映，各种用水的经济效益有极大差异；稻田灌溉的产值人民币1元/立方米，菜田12.3元/立方米，制造业21.3元/立方米，服务业33.7元/立方米。在一个极度缺水的地区，存在这样大的效益差距，说明在水资源配置过程中，一直缺乏市场观念。”

“中国的缺水由于广泛的污染而更加加重。三十多年来，尽管大力控制，但从沿海到内地，从地表水资源到地下水资源，水污染仍日益加重，到2006年，污水排放量自2000年起已超过工业废水排放量，成为最重要的污染源。”

“水质污染加重了缺水。由于水质不达标，将近250亿立方米的水被排除在用水范围以外，470亿立方米质量不合格的水仍用于工、农业和生活，并带来造成危害的代价，还有240亿立方米超采的地下水，造成地下水位的下降。”

以上均译自世界银行的报告。作为中国的水利工作者，我们深深感到惭愧。相对于在水利工程技术上已处于世界前列，建造了许多令世界赞誉的水资源工程的国家，我们却在水资源管理方面处于相对落后的地位，这是应当令我们深思的。

4　中国水利面临的问题

一般认为，中国水利面临的问题是：水多、水少、水脏。如果进一步分析，我们会发现，中国水利面临的主要问题不是水多或水少，而是由于水质污染和水资源过度开发造成的水环境退化的趋势。

水多，指的是洪水问题。在历史上，洪水是中国的大患。但是在2000年中国工程院提出的中国水资源战略研究中已经指出，江河洪水是一种自然现象，而江河洪灾则是由于人类在开发江河冲积平原的过程中，进入洪泛的高风险区而产生的问题。

在历史上，我国人民为了开发江河冲积平原，不断修筑堤防，与水争地，从而缩小了洪水宣泄和调蓄的空间，当洪水来量超过人们给予江河的蓄泄能力时，堤防溃决，形成洪灾，因此，我们应当实行战略转变，从“建设防洪工程体系为主”的战略，转到在防洪工程体系的基础上，建成全面的防洪减灾工作体系，在遭遇特大洪水时，有计划地开放蓄洪和行洪区，达到人与洪水和谐共处。

当前尤其要防止的是：以为防洪就是无限制地修建和加高堤防，从而盲目进行防洪建设。例如，对一些山丘区的中小河流，盲目开发行洪河滩，修建堤防，进行城市建设；又如在一些河流中下游的沿岸地区，盲目加高堤防。这种盲目建设的结果都将缩小河流必需的行洪断面，河流洪水位将随着堤防的延长和加高而不断提高，由此也增加了决堤的风险和灾害。

对于水少的问题，我应当认识到：我国的人均水资源量在世界上属于中等水平，是可以支持我国社会经济持续发展的，但关键是要提高用水的效率和效益。

我国水利面临的真正危机是:由于水质污染和水资源过度开发造成的水环境退化。其主要表现为:不少地方水质恶化、地下水位下降、河湖干涸、湿地消失。如果不及时扭转,将威胁到我国水资源的可持续利用。

5 转变水利发展方式

对水利系统而言,积极贯彻落实中央提出的科学发展观,当前的一项重要工作就是建设节水防污型社会,这也完全符合水利工作的实际情况。

我国在近三十年的经济快速增长中,水资源也经历了一个高速开发的时期。虽然地区间发展不平衡,但就总体来说,我国的水资源开发已经过度,当前最大的危机是不少地方水环境的退化。为此,我们的水利工作必须转变发展方式,从以开发水资源为重点转变为以管理水资源为重点,进入一个加强水资源管理,全面建设节水防污型社会的新时期。

我们必须以提高水效率和效益、保护和防治水环境退化为目标,从传统的以供水管理为主转向以需水管理为基础,将水利工作提升到一个新的水平。这是水利工程中一个历史性的战略转变,涉及的不仅仅是水利工作中狭义的水资源管理部门,而是包括规划、计划、科研、教育、政策等整个水利工作。我们要自觉地迎接和促进这个转变,取得对水利发展的主动权。

根据当前的实际情况,提出以下建议:

——各级、各地水利部门必须对以开发水资源为重点转到以管理水资源为重点的战略转变取得明确的共识。加强需水管理、提高用水效率和效益、保护和防治水环境退化,应作为考察水利部门工作成绩的重要内容。

——对水利系统的干部,要统筹规划,组织有关需水管理知识的学习和培训,大学和专科的教学也应充实相关内容。应当认识到,需水管理的知识基础更为广泛,涉及到我国传统的水利学科以外的很多学科,包括生态、环境、工业、农业、服务业、城市建设等等。

——为了实行水利发展方式的转变,必须以科研、规划为先导。要真正确立人与自然和谐发展的理念,以提高水的效率和效益、保护和防治水环境退化为水利工作奋斗目标的指导思想,潜心研究中国的实际情况,开拓创新,使中国的水利走向世界前列。

——整个水利工作都应贯彻先节水、后调水,先治污、后通水,先环保、后用水的“三先三后”精神,将水资源投资的重点转向节水、防污和环保。对各地的水利投资,要改变“中央投资用于开源,地方投资用于节水”的做法。

——积极、有步骤地推进水价改革。实践证明,推行水价改革也是促进节水的必要措施。当前,许多城市的自来水管网漏损水量达到15%甚至20%以上,污水处理厂绝大部分不能正常运行,工、农业生产和生活用水浪费严重,主要原因就是水价太低。

——认真学习研究国外有关水权问题的理论和实践经验,以及在典型流域和区域推行生态补偿法,继续开展试点工作。

——主动配合环保等有关部门,切实加强水污染防治、生态系统保护等工作。

中国工程院在 2000 年中国水资源战略研究的结论中提出,提高用水效率是一场涉及生产力和生产关系的革命,水资源战略的核心是提高用水效率,建成节水防污型社会。我们相信,在党中央的正确领导下,水利界各单位的同志们必将引领中国的水利工作进入一个新的历史时期,创建新的辉煌!

虚拟水——水资源安全战略的新思路

程国栋*

水资源短缺是我国西北干旱区21世纪可持续发展面临的最主要问题之一。随着人口的增长、经济发展速度的加快和生态环境建设规模的扩大，需水量必然持续增加，缺水矛盾将更加凸显出来。如何维持水资源这种最关键的基础自然资源的可持续利用是西北地区可持续发展需要解决的一个重要战略问题。

1 虚拟水与虚拟水战略

虚拟水是Tony Allan于20世纪90年代提出的新概念，是指生产商品和服务所需要的水资源数量。虚拟水不是真实意义上的水，而是以“虚拟”的形式包含在产品中的“看不见”的水。虚拟水同时也被称为“嵌入水”和“外生水”。“外生水”暗指进口虚拟水的国家或地区使用了非本国或本地区的水这一事实。

虚拟水战略是指贫水国家或地区通过贸易的方式从富水国家或地区购买水资源密集型农产品(尤其是粮食)来获得水和粮食的安全。如果一个国家出口水密集型产品给其他的国家，实际上就是以虚拟的形式出口了水资源。事实上当前很多国家都以虚拟水的形式来解决国内的水资源短缺问题。2001年南非向赞比亚出口了9000吨玉米，从虚拟水的角度来说，就是南非出口了1080万吨的水；中东地区每年靠粮食补贴购买的虚拟水数量相当于整个尼罗河的年径流量。相对于国家甚至世界范围而言，水资源的短缺通常只是局部现象。传统上，人们对水和粮食安全都习惯于在问题发生的区域范围内寻求解决问题的方案。虚拟水战略从系统的角度出发，运用系统思考的方法找寻与问题相关的各种各样的影响因素，从问题范围之外找寻解决流域内部问题的应对策略，提倡出口高效益水资源商品，进口本地没有足够水资源生产的粮食产品，通过贸易的形式最终解决水资源短缺和粮食安全问题。由于人口增长是水资源短缺的最原始驱动力，粮食作为人类的生活必需品携带有大量的虚拟水，是当前世界贸易中数量最大的商品，人口—粮食—贸易之间的连接关系就成为虚拟水战略分析的主线，从另一个角度来看，也就是抓住水的社会属性这条主线来进行水资源管理。

2 虚拟水与水资源管理创新

水资源管理的目的是为了规范在水资源短缺情况下人们的生产、生活。从当前国际

* 程国栋，中国科学院院士，中国科学院兰州分院院长，中国科学院寒区旱区环境与工程研究所研究员。
本文系作者在甘肃省科协2003年学术年会上所作的报告。

研究和实际应用来看，相应的管理阶段可分为四个层次：(1)供给管理，包括开辟新水源、大规模远距离调水等，其目标就是提供更多的水资源，但通常成本巨大。南水北调是供给管理的典型例子；(2)技术性节水管理，这是水资源需求管理中的第一步，提高水资源的利用效益是其根本的目标，但通常技术性节水数量有限；(3)内部结构性管理，实质上是需求管理的更高层次，涉及到区域内部社会结构变化等问题，如结构性节水；(4)社会化管理，这是水资源需求管理的最高层次，充分认识到水资源的社会属性，以水资源的社会属性为主线，充分利用各种外部资源来缓解局地水资源的紧缺。在社会化管理阶段，关键的任务是辨明采用新的水资源管理适应性对策的社会瓶颈，采用的工具主要利用制度变化、经济激励和社会结构变化。

水资源管理的最终目的都是为了跨越水资源稀缺的障碍，实现 Allan 和 Karshenas 提出的“自然资源的恢复重建”，即自然资源的提取率低于自然资源的可持续性状态。社会化管理阶段的出现意味着水资源管理问题域范围的扩大，管理的着眼点从克服自然资源的稀缺转向克服社会资源的稀缺。通常将自然资源稀缺称为第一类资源稀缺，为适应第一类资源稀缺的社会资源稀缺称为第二类资源稀缺。在这种意义上，能否调动足够社会资源的能力(社会适应性能力)来克服第一类资源的短缺就成为水资源短缺问题能否解决的关键。

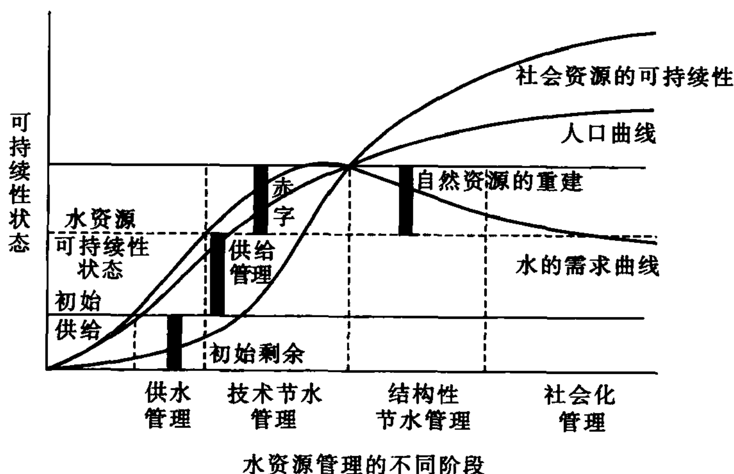


图 1 自然资源的恢复重建图

图 1 是关于自然资源重建的理论解析，阐述了水资源管理的四个层次以及如何应用社会资源及其适应性能力将处于不可持续利用状态的水资源利用转变成可持续利用的水资源利用。通常水资源的可持续性状态保持定常，但是社会资源的可持续性(应用适应性对策的社会资源数量)在水资源管理各个阶段可以逐渐增加。在水资源出现短缺的初始阶段，供给管理(大的工程措施)可以满足人口增长和福利增加对水资源的需求，但是针对超过水资源可持续利用状态的水资源需求后，需求管理就变得相当必要，首先是进行技术性节水，然后是内部结构性调整，最后是采用社会化管理来达到缓解缺水地区水资源短缺

的矛盾。显然，虚拟水战略扩展了水资源研究的问题域范围，属于水资源社会化管理层次。

3 西北五省(区)2000年虚拟水量初步测算

虚拟水的计算同生态足迹的研究一样，是尝试采用账户的方式解释水资源在社会经济系统中的迁移转换。由于工业产品中的虚拟水含量与其复杂的生产流程紧密相关，计算过于复杂通常被忽略。农作物产品和动物产品的虚拟水含量是实证计算中最主要的部分。

(1)农作物产品的虚拟水计算。通常作物需水的影响因素主要包括气象因素(包括降水、气温、水气压、日照时数和风速)、作物类型(植物生理等)、土壤条件、种植时间等。实际计算中农作物的需水仅考虑作物系数的调整，标准参考面的作物需水采用世界粮农组织(FAO)推荐的标准彭曼公式计算。

(2)动物产品的虚拟水计算。计算动物产品虚拟水含量需要的数据很多，但这些数据通常难以获得，这里采用 Chapagain 和 Hoekstra 对世界100多个国家单位动物产品包含的虚拟水估算中中国部分的估算结果。

西北各省(区)城乡居民一年主要消费品的虚拟水含量及实体水资源利用效益统计计算结果见表1。

表1 西北五省(区)水资源利用及虚拟水消费量

	新疆	甘肃	青海	陕西	宁夏
全社会总用实体水量(亿立方米)	480.6	119.7	27.6	54.9	87.2
工业用水效益(元/立方米)	38.7	18.9	21.2	50.9	19.4
农业用水效益(元/立方米)	0.6	2.0	1.8	7.7	0.6
人均GDP(元/人)	7087	3838	5088	4607	4725
单位粮食虚拟水含量(立方米/千克)	1.1	1.8	1.8	1.7	*
城镇居民年虚拟水消费量(立方米/人)	780.3	849.5	683.1	622.7	*
农村居民年虚拟水消费量(立方米/人)	683.7	916.3	729.8	737.9	*
社会消费总虚拟水量(亿立方米)**	134.6	183.2	45.8	204.1	*
净出口虚拟水量(亿立方米)***	52.9	0.3	0.6	3.8	*

* 缺计算数据资料；

** 2000年新疆、青海、甘肃、陕西城镇人口和农村人口分别为651万、180万、615万、1163万和1274万、338万、1947万、2442万；

*** 由于缺统计数据，虚拟水贸易计算中没有考虑省际的调剂补给。

计算结果表明，2000年新疆、甘肃、青海、陕西四省(区)全社会全年日常生活消费的虚拟水数量分别为134.6亿立方米、183.2亿立方米、45.8亿立方米、204.1亿立方米，分

别为各省(区)实际总用水量的0.28、1.53、1.66、3.72倍。该计算结果需要说明的是:(1)虚拟水含量的计算由于影响因素很多,本身只是一种粗略的估计;(2)动物产品有储水功能,2000年消费的动物产品虚拟水包含动物若干年消耗的实体水量;(3)虚拟水消费总量计算中包含了不形成径流的土壤水和降雨但实际被作物利用部分(包括天然牧草),但并没有(目前也不现实)统计在农业利用量中。如陕西省降水相对丰富,作物直接利用的土壤水和降水较多而农业灌溉用水较少,加上人口数量的影响,使日常消费的虚拟水量大大高于总用水统计量(3.72倍);青海、甘肃日常消费的虚拟水量高于实际总用水量(分别为1.53倍、1.66倍)与这些省份相当部分农业生产区缺乏灌溉条件,旱地较多的实际情况相符。(4)新疆是我国重要的商品棉、糖料、畜牧等农产品生产基地,相当部分产品通过贸易进入全国消费市场,因此省内日常消费的总虚拟水量相对农业用水较小。从表1中可以得到的最重要结果是,在除宁夏外的四省(区)社会经济系统中存在着567.7亿立方米的虚拟水资源,其数量巨大而且通常难以为人们所认识,更重要的是这部分虚拟水资源是可以通过贸易流通的,这一点显然为水资源管理的决策增加了新的内容。

4 西北地区虚拟水战略的政策涵义分析

4.1 与粮食安全的关系

虚拟水战略中水资源的社会属性通过人口—粮食—贸易得到充分的体现。显然虚拟水战略与粮食安全问题紧密相连。经过近10多年的发展,2000年中国的粮食综合生产能力达到4.62亿吨的水平,1998年和1999年更是跃上了5亿吨的水平,目前的自给率为99%左右,而且近年来一直保持着200多亿元以上的贸易顺差,有从国际市场上购买粮食食品的外汇支付能力。从国家角度出发,我国粮食安全应该靠自给,但是区域内部地区的粮食安全则没有必要完全自给。目前全国粮食供求的基本平衡状况能够满足西北缺粮省(区)的粮食调入,运用虚拟水战略,从国内粮食生产富足的省份进口粮食,实现地区间粮食供给平衡,可以更好地保证农业生产条件较好地区的粮食生产,缓解缺水地区自身水资源的短缺压力和生态压力,实现区域水资源的可持续利用,保障西北地区乃至全国的生态安全。

4.2 与产业结构调整的关系

能否采用虚拟水战略的关键取决于区域的经济实力,即是否具备购买能力。从五省(区)的人均GDP来看(表1),除新疆外,其他四省(区)的经济实力都低于全国平均水平,属于我国最不发达省份,采用虚拟水战略的潜力较小。但是,目前这些省(区)(除新疆以外)大多数农业产业在国内外市场都失去了竞争力,近期内与国内平均水平的差距将进一步拉大。在这种情况下,只有实行竞争优势导向的跨越式发展战略才有出路,这要求西北地区以开放型的姿态融入经济一体化的浪潮中。尽管平均经济能力不满足虚拟水战略发展的条件,但满足应用条件的局部地区可以率先实行虚拟水战略,利用贸易逐步缓解水资

源压力。据此我们分不同的情景初步测算了一下采用虚拟水战略的效益。情景 A:“进口”2000 年粮食总产量的 1/3;情景 B:城镇居民消耗粮食总量的 1/2“进口”;情景 C:城镇居民消耗粮食全部“进口”。三种情景都假设节约下来的水资源用于工业的生产。模拟结果表明采用虚拟水战略对经济增长促进作用明显(表 2),虚拟水战略在西北地区具有广阔的应用前景。

表 2 采用虚拟水战略不同情景下的节水量和经济贡献率

情景	节水、效益	新疆	甘肃	青海	陕西
情景 A	节约水量(亿立方米)	125.0	29.7	6.7	10.6
	GDP 增加比例(%)	346.4	47.8	47.7	24.6
情景 B	节约水量(亿立方米)	18.5	4.3	2.9	2.0
	GDP 增加比例(%)	51.3	7.1	20.9	4.7
情景 C	节约水量(亿立方米)	40	8.6	5.8	3.9
	GDP 增加比例(%)	102.7	14.1	41.7	9.5

注:GDP 增加比例为进口粮食节水所增加的效益与 2000 年 GDP 的比率,增加效益部分的计算方法为将“进口”粮食节约的水资源用于工业生产所产生的效益减“进口”粮食成本和放弃该部分农业用水的农业增加值,假定“进口”粮食的单价为 1.3 元/千克。

4.3 与生态恢复和生态建设的关系

为改善我国西北乃至西部地区的生态环境,国家以退耕还林(草)工程为核心的生态环境建设作为西部大开发的切入点,推动西部地区经济的转型,同时利用粮食库存较多的有利条件,对退耕还林(草)地区的农民给予了一定的钱粮补贴,对西北干旱地区而言,这实际上就是虚拟水战略的运用。退耕还林(草)工程本身就是将生态建设作为西部大开发的一种战略储备,实质上就是退实体水给林(草),战略储备生态用水。从西北地区当前的经济实力来看,采用虚拟水战略的潜力不大,正好以国家的粮食补贴政策(或者未来的生态环境补偿税政策)为契机,促进区域经济结构的战略性调整,培育自身实施虚拟水战略的经济实力,通过虚拟水贸易实现西北地区生态建设的良性循环和粮食安全。

5 实行虚拟水战略的对策建议

实行虚拟水战略需要解决的问题很多,需要从科学理论、区域政策体系和水资源管理层面上进行深入研究。

5.1 加强虚拟水理论和虚拟水战略研究

首先,需要科学地定量评价产品中的虚拟水含量,对有关计算方法进行完善修正,使产品虚拟水量化更符合区域生产实际;其次,社会资源的适应性能力是能否成功运用虚拟

水战略的关键，需要加强研究；第三，虚拟水战略对国家或地区的水资源、生态、经济和社会文化的影响；第四，虚拟水战略下国家（或地区）应对策略选择，等等。因此，建议国家大力加强虚拟水战略研究力度，认真探讨虚拟水相关理论问题及应用问题，为国家决策提供准确、坚实的科学依据。

5.2 建立基于虚拟水战略的区域政策保障体系

西北地区成功应用虚拟水战略需要在有关政策和管理体制上进行大力完善和改革。首先必须改革流通体制，放开市场准入，塑造多元化的经营主体，打破国有粮食企业垄断经营局面，深化国有粮食企业改革，同时对西北地区粮食调给予一定的政策补贴；其次，加大财政转移支付力度，建立健全社会保障体系。在产业结构战略性调整与转型、退耕还林（草）等生态环境建设造成农民收益下滑的阶段内，需要国家加大对西北地区的财政转移支付力度，设立专项基金用于补贴采用虚拟水战略后的粮食“进口”，同时针对采用虚拟水战略后对区内粮食需求降低导致的农村剩余劳动力增加，需要建立对应的社会保障体系。

5.3 创新水资源管理体制，对西北地区逐步实施虚拟水战略管理

西北地区生态环境脆弱，生态保护对全国生态安全具有重要的战略意义。2000 年西北五省（区）总用水量 771.97 亿立方米，除青海省外，水资源的开发利用率都在 43％以上，已经超过国际上公认的水资源合理开发利用率不超过 40％的警戒线，水资源开发利用的难度越来越大。因此需要创新国家的区域水资源管理体制与机制，逐步应用虚拟水战略解决区域粮食和农产品供应，平衡区域水资源利用赤字，促进全国生态安全体系建设。将节约下来的有限实体水转向生态环境恢复保护以及低耗水高效益产业，增加农民收入渠道和经济能力，通过贸易向市场要效益的方式间接养水，使水资源管理事业走向良性循环的轨道。

黄土高原农业出路在建立草地农业系统

任继周 *

导言

农民、农村、农业的踯躅不前，构成长期困扰我国的“三农”问题。问题是多方面的，但问题的总根子还是农村的贫困。改变农村贫困的基本出路，在于农业结构的改革，而草地农业系统是改革我国传统“以粮为纲”农业的有效途径。

今以黄土高原为例，对这一问题加以阐述。

黄土高原自然环境复杂，地貌类型多样。长期以来，关于黄土高原范围的划分问题由于研究目的不同，专家们没有形成统一看法。其中典型黄土高原是较早的分法，范围是东起太行山西坡，西至乌鞘岭和日月山东坡，南抵秦岭北麓，北止长城一线，面积 38 万平方公里。七五期间，考虑到区域治理与经济发展的整体性，和黄河中游的完整性，提出了黄土高原地区的概念，将典型黄土高原的北界推至阴山南麓，面积 62.68 万平方公里。

1 黄土高原地区历史的重荷日益加重

黄土高原的西北部为草原化荒漠南端，向东向南，逐步由荒漠化草原过渡到草原带、森林草原带，直到南部的森林带。这是一个大约东西跨越 8 个经度(东经 104°～112°)，南北跨越 6 个纬度(北纬 34°～40°)的含有多种生态系统的生态系统复合体。因此可以称为农牧业生产的广谱带，它适合多种农牧业生产。从人文景观来看这里又是众多民族聚居的过渡区，历史上可以叫出名称的民族有近 50 个，连同名称不能确定的民族估计近 60 个。主要可以分为游牧民族和农耕民族，后者以汉族为主体，不断向北扩张与北方游牧民族角逐、融合，形成农耕文化圈。与它相对应的是以游牧为生的各个民族和他们所形成的畜牧文化圈。两者在黄土高原这个舞台上交替出现，频繁进退，2000 多年以来，经过 11 个阶段 8 次嬗替的艰苦历程，14 世纪中叶以后，农耕文化最终定于一尊，建立了单一的种植农业系统，并为近在咫尺、雄居八百里秦川的政治经济中心服务。发源于先秦时期以商鞅为代表的重谷物生产的“垦草”政策笼罩了黄土高原。建国以来的“以粮为纲”的政策发展到极致。黄土高原靠它特别深厚的土层，养活了日益繁衍庞大的中华民族，承受了几千年的历史重负。这一地带土壤侵蚀量唐朝以前为 11.6 亿吨/年，明清时期增至 13.8 亿吨/年，近 100 年以来更增至 16.8 亿吨/年，近 30 年来剧增至 22.33 亿吨/年(黄河输沙量加坝库拦沙量)。黄土高原的西部，塬面已经消失殆尽，成为以贫困著称的黄土丘陵沟壑

---

* 任继周，中国工程院院士，教授，博士生导师。现任兰州大学草地农业科技学院名誉院长、甘肃草原生态研究所名誉所长。本文系作者在甘肃省科协 2003 年学术年会上所作的报告。

区，第三纪红层随处可见。而东部残留的塬面已经60%～70%变为深沟大壑。黄土高原的土壤失去A层和A层+B层的土壤占土地总面积的90%的估计，并不过分。

2　不良的农业系统是问题的根源所在

2.1　单纯谷物生产导致灾害频繁

中国大陆处于东南季风区，每因降水气旋的来临不能及时而导致春旱。而黄土高原更处于东南季风区的尾闾，春末夏初的干旱更为经常。以黄土丘陵沟壑区的定西和黄土高原区的庆阳为例(见图1)。定西为有名的干旱穷困地区，年降水量为425.1毫米，草原类型属微温微润草甸类。庆阳是传统的陇东粮仓，年降水量为537.1毫米，草原类型属森林草原类。尽管它们的类型不同，降水量差别显著，但每年6月间的湿润度都在干旱线以下，其干旱模式是一样的。这时正是作物幼苗生长的需水旺季，湿润度不足，因而干旱频繁发生。我们常说黄土高原地区十年九旱，这是基本规律。只能利用规律，减少灾害，而不能与规律“对着干”。

此外，秋涝、霜冻等灾害也时有发生。黄土高原降水集中于7到9月，秋涝时有发生。黄土高原海拔一般在1500米以上，比同纬度的平原地区年平均温度低1.5℃～2℃。生长季较平原地区短半个月到20天。春播作物常因晚霜过早和早霜过迟而造成冻害。

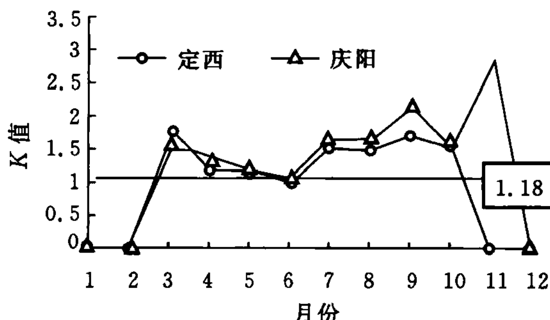


图1　定西(黄土丘陵沟壑区)和庆阳(黄土高源沟壑区)春旱发生模式

庆阳地区资料　1955—1975年　20年

定西地区资料　1957—1980年　23年

1.18—K值干旱线

2.2　土地资源未能用得其所养用兼职

黄土高原西部沟壑占十之八九，平地占十之一二，东部沟壑占十之六七，平原占十之三四。而单纯谷物生产，按照国家的土地管理条例，坡度在25度以上应该弃耕，可以用于谷物生产的土地不过十之三四，适当利用其余60%到70%的沟壑和陡坡地，造林种草，是黄土高原的生态和生产的潜力所在。而我们的传统农业系统，把农业主要局限于谷物生产，谷物连作的结果，不仅坡地水土流失，平地也肥力日减。沟壑与坡地的造林种草与平

地的粮草轮作，必然激发畜牧业的发展，提高农业的经济效益和生态效益。

2.3 光热资源未能充分利用

谷类作物多为一年生，早春幼苗阶段光合作用强度甚弱而极易遭受干旱威胁。一年生作物成熟以后，例如小麦7月中下旬成熟，光、热、水都是当地黄金季节，但植物已经不能利用。植物可以利用的这一部分水、热、光等生物活性资源，而谷物可以利用的部分至多不过60%，其余40%弃置未用。发展林草，可与作物互补，基本不与作物竞争。

2.4 农业生态系统结构不良功能不全

单纯的植物生产所产生的有机物质，只有不到25%可以被人类直接利用，其余75%应由草食动物转化为动物产品，并能达到与初级生产相等甚至更高的经济效益，例如动物生产美国、法国60%左右，德国、英国70%左右。黄土高原上的传统农业次级生产严重欠缺，因而它的生产水平只能相当应该达到的一半。何况由于植物生产系统的多年生与一年生植物的组合失调，动物生产层中草食动物与非草食动物组合失调，不仅形成能流和矿物元素流程不畅，系统的功能下降，土壤有机质积累受阻，营养元素不能反馈，也导致土地资源的日趋瘠薄。

3 草地农业系统是黄土高原农业持续发展的重要手段

草地农业系统是以植物生产与动物生产相联系为核心，向前延伸到前植物生产，即景观农业；向后延伸到外生物生产，即农产品的加工流通。它的结构如图2所示，其中种草面积一般不少于25%，通过草地这个纽带，把动物生产与植物生产联系起来。草食动物利用草地及农田所提供的饲料，与前植物生产层和外生物生产层的耦合，其产值应该达到不少于农业总产值的50%。根据甘肃草原生态研究所在陇东黄土高原的董志塬、甘肃中部丘陵沟壑区的定西和引黄灌溉渠的景泰做的实验，草地农业系统都取得了较为满意的结果。这给我们一些有意的启示。

3.1 黄土高原有实现不同农业系统耦合、建立产业化农业的条件

任何生态系统都有外延的潜势，其潜势的大小因生态系统自由能积累的多少而异。不同生态系统间的自由能交换，构成系统耦合。从而大幅度提高其生产水平。产业化越发展，现代化程度越高，其外延潜势越大，系统耦合的效益越高。黄土高原传统的单纯植物生产系统，层次过分简单，外接键贫乏，而且功能薄弱，缺乏自由能积累，它的外延潜势微弱。而黄土高原上的草地农业系统所具有4个生产层，有较丰富的外接键，生产潜势也较大。因而为产业化的系统耦台提供了条件。黄土高原位于青藏高原、蒙古高原和华北平原之间，扼欧亚大陆桥要冲，实为�毂一方之关键地区，有广泛开展外向型农业的可能。过去农区与牧区结合部的“茶马市场”就是自发的系统耦合的历史见证，例如榆林、临洮都是有名的“茶马市场”、淘金者的乐园。但长期以来，市场机制萎缩，本区困顿于封闭的传

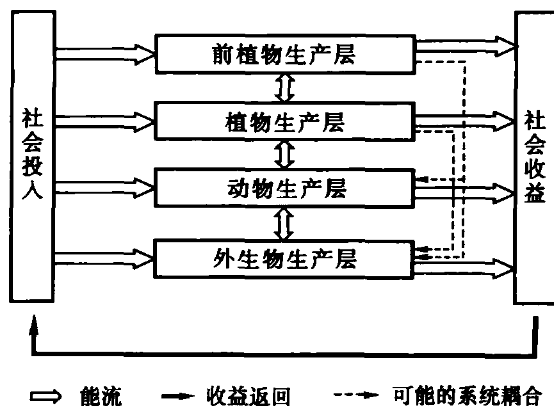


图 2　草地农业结构示意图

"社会投入"分别给予四个生产层，各生产层的产出效益分别输送到"社会收益"，"社会收益"又返回"社会投入"。各个生产层之间可能发生双相或多相联系，形成系统耦合。

统农业模式，未能充分利用黄土高原的特殊区位优势。

3.2　将牧草引入农业，生态效益明显

甘肃草原生态研究所庆阳实验站，以 13 种牧草和 10 种传统作物设计轮作实验，大田加入牧草证明牧草可以提高土地利用率 33%，降水利用率提高 14%～29%，生物量提高 36%，农田的粮草轮作土壤的保水能力超过休闲地和黄豆地。果树与草地的混作，其叶面积指数比小麦和玉米都高出一倍多，植丛有效辐射利用率草果混作比小麦单作高 2.2 倍。土壤团粒增加 46%，有机质含量增加 17%，氮(N)素增加 42%，只有磷(P)的含量有所减少。表示黄土高原缺磷(P)，对丰产植物应该补 P。水土流失也明显减少。

3.3　将牧草引入农业，经济效益明显

笔者等在庆阳黄土高原实验站的实验初步建立的草地农业系统，经过 4 年内初步实验，耕地面积减少 18%，粮食单产提高了 60%，总产增加了 40%，化肥减少了 1/3。畜牧业产值提高了 1.8 倍。农业总产值提高了 1 倍。10 户农民实验户，5 年内粮食单产提高了 1.8 倍，畜牧业收入占总收入的 72.8%。景泰提黄河水灌区施行有牧草参与的"四年四区粮草种植模式"，使粮食增产 3 倍，农田综合效率提高 1.32 倍，产值增加 2.68 倍，原来单一粮食作物造成的盐斑面积占 18%，已经完全消失。

4　黄土高原农业持续发展的战略目标与措施

黄土高原的农业发展战略目标似可拟订为：利用现代科学技术和系统耦合的原理，发

展产业化农业。建立“河西走廊-黄土高原-青藏高原的农业耦合系统”。在这一耦合系统中，黄土高原应在谷物生产基本自给的基础上，以生产饲料为主，引入河西走廊的精料、青藏高原的家畜，发展肉类、奶类食品业、皮毛业和饲料业，依靠这鼎足而立的三大支柱产业体系，建成我国强大的西北巨型畜牧业基地。

这个基地将以三大支柱产业为主干，带动草产品、生物制剂以及有关畜牧业生产的机械、电子、信息等行业。其产品不仅面向华北和东部地区，也要借助大陆桥的优势逐步开辟欧洲市场。

这个体系的基础是草地农业系统。卢良恕先生提倡的三元结构、朱显谟先生提出的28字方略将在草地农业系统中找到用武之地。不妨说草地农业系统是知识经济在黄土高原农业上的切入点。草地农业系统着眼于全部土地资源，而不局限于不堪重负的耕地；着眼于多种农业生物资源，而不局限于传统的五谷杂粮和养猪积肥；着眼于四个生产层，特别强调长期被忽略的草食动物生产，而不局限于单一的植物生产；着眼于生态系统的外延和系统耦合，而不局限于本系统的自给自足封闭运行。这是一个以生态生产力为核心的农业系统。

为此，谨提出起步阶段应采取的几项措：

1. 筹集黄土高原发展基金，由中央及有关省区组成委员会共同管理。基金用于贷款资助支柱企业，扶持必要的科学技术的教育、研究、推广。

2. 发挥甘肃省率先建立的“西部草业工程技术研究中心”的科技支撑和产业开发核心作用，组织有关草业的科教、推广、生产单位和有关企业，在龙头企业的带领下，在黄土高原建成商品生产的网络，带动广大生产基地和农户发展草业产业化。这是全面治理黄土高原的基本力量。

3. 在上述工作的基础之上，早日筹划以董志塬为中心的黄土高原巨型畜牧业基地的建设。

近50年来北方地区沙漠化的发展与防治战略和途径

王　涛*

根据《联合国防治荒漠化公约》和我国的实际情况，荒漠化可划分为以下主要类型，即：沙漠化（aeolian desertification）、水土流失（water erosion）和盐渍化（salinization）等，在过去50年里，它们的发展速度、分布范围和危害程度都在逐渐增大。我国北方荒漠化表现的主要形式之一就是沙漠化。在国家“西部大开发”战略的实施中，已经提出生态环境建设是西部大开发的首要任务，其中沙漠化的防治就是重要的组成部分。

1　近50年来沙漠化土地的发展

新中国成立以后，随着北方地区国民经济的发展对防沙治沙工作的需要，我国的科研工作者就涉及到一些沙漠化的问题。特别是20世纪50年代后期，中国科学院治沙队开展全国范围的沙漠考察、资源利用的研究之初，竺可桢先生在就经常论及到沙漠化方面的问题，指出“由于人为的原因，把不应该成为沙漠的地方破坏成为沙漠”，“在陕西和内蒙古伊克昭盟的毛乌素53万多公顷沙荒地大都是这样造成的”，即所谓的“人造沙漠”。随后的20多年里，沙漠科技工作者在沙区自然条件与资源、风沙运动规律、农田草场防风治沙、沙区水土资源合理开发利用等方面开展了大量的研究和实践推广工作，为1977年联合国荒漠化大会以后，在北方地区大规模开展沙漠化研究奠定了坚实的基础。

根据近30年来在我国北方土地退化区域的研究与实践，我们认为：**沙漠化是干旱、半干旱及部分半湿润地区由于人地关系不相协调所造成的以风沙活动为主要标志的土地退化。**也可以说，沙漠化主要是发生在人类历史时期，特别是最近一个多世纪以来；强调人地关系及其相互作用，即：只有人类活动对自然环境和资源的不利影响与以风为主导外营力的相互作用下造成的土地退化才是沙漠化。

近几年来，沙漠化研究进入到一个比较全面系统的阶段，其基本的研究思路是：以人-地关系为主线，在时间序列上，将沙漠化环境背景的形成演化、沙漠化与沙尘暴的现代过程及其在全球变化格局下的发展趋势的研究系统化，以揭示沙漠化的形成与演变；在空间结构上，将沙漠化地区的生态环境退化过程与区外乃至全球的大气环流格局视为统一的环境动力系统进行研究，以揭示沙漠化与沙尘暴的空间分异及其对环境和社会经济的影响。通过定量认识人类活动和自然因素影响下研究沙漠化的演变规律及其调控的理论

* 王涛，中国科学院寒区旱区环境与工程研究所所长，研究员，国际沙漠研究协会主席。

依据和技术途径,为沙漠化防治提供科学基础。

据朱震达等人通过遥感监测以及野外调查的手段统计和分析指出,20世纪50年代末至70年代中期,我国北方沙漠化土地以年均1560平方公里的速度发展,其中已经沙漠化的土地达17.6万平方公里,轻度和受潜在沙漠化威胁的土地为15.8万平方公里;之后的10多年里,沙漠化土地则以年均2100平方公里的速度继续蔓延,到1980年代后期沙漠化土地面积已经达到33.3万平方公里。我们对2000年北方沙漠化土地的状况进行的野外调查和遥感监测,与1987年监测的结果相比较,虽然局部地区经过十几年的治理有所逆转,沙漠化土地面积减少,程度有所减轻,但全局来看,发展大于逆转,尤其发展速度较以前有明显增加,到2000年沙漠化土地总面积增加了4.674万平方公里,总面积至少已达到38.57万平方公里,年平均增长3595平方公里。2000年我国北方主要典型地区沙漠化土地以轻度和潜在沙漠化土地所占面积最大,约13.93万平方公里,占沙漠化土地面积的36.1%,占监测区域面积的5%;中度沙漠化土地所占面积次之,约9.977万平方公里,占沙漠化土地面积的25.9%,占监测区域面积的4%;重度沙漠化土地7.909万平方公里,分别占20.5%和3%;严重沙漠化土地面积6.756万平方公里,分别占17.5%和3.1%。潜在、轻度以及中度沙漠化土地占了沙漠化土地总面积的60%以上,这说明在我国北方干旱半干旱生态环境脆弱的地区,大面积土地已经进入沙漠化发展初始阶段,面临着严重沙化的危险。因为当原始草地植被出现退化或地表开始出现裸斑等沙漠化初期症状之后,不合理的人类活动的加剧,就有可能出现大面积的流沙,以及随之而来的沙丘,当沙漠化土地发展到严重阶段之后,就很难恢复和治理。同时,潜在、轻度以及中度沙漠化土地的面积较大在某种程度上也有其有利的一面,那就是通过约束人类的不合理活动以及采取有效的治理措施,这些土地较容易得到逆转。

最近几年来,国家实施退耕还林(草)工程和防沙治沙工程,经过北方广大地区的政府和当地人民的共同努力,沙漠化有明显逆转的趋势,沙漠化土地每年以1280平方公里的速度在减少(国家林业局2006年数据)。

2 沙漠化防治的战略、方针和基本原则

沙漠化发展和逆转的过程都是人类活动与自然环境和资源相互影响和协调的结果。以土壤风蚀为例,通过实验我们发现,人类活动对沙漠化土地发展的加速度可以是自然条件下的4～10倍;而且,随着沙漠化程度的加剧,所产生的在土壤养分、生物多样性和生产量等方面退化的加速也与自然条件下的情况相差3～10倍以上。沙漠化实际上就是由于人类不合理的经济活动破坏了干旱、半干旱及半湿润地区人地系统的平衡,又无法通过内部的自我组织和反馈机制使系统迅速得到恢复,从而导致了系统内诸自然环境要素的退化,使得原有的疏林沙质草原地理景观演替为以风沙活动为主要形式的沙漠景观。因此,可以说沙漠化的整个发展过程就是干旱和半干旱区的人地系统内部各要素之间以及各要素同外部环境之间通过物质、能量、信息的流动而使其结构和功能发生变化的动态演化过

程。因此,要防治沙漠化,只有通过人类主动地调节自身活动及自我适应性,建立一个互为调适、协同进化的人地关系,优化区内人地系统的结构和功能,系统才能在新的条件下达到新的平衡,并且向良好方向发展。所以,在讨论沙漠化防治的战略时,要充分考虑到人地关系的相互作用及其协调。总体而言,根据我国北方沙漠化地区自然环境与资源、社会经济特点及沙漠化发展趋势、开发利用中存在的问题和治理的典型经验,沙漠化土地防治必须本着生态效益、经济效益和社会效益统一的目标来进行。据此,提出以下我国沙漠化防治的战略、方针和基本原则。

我国沙漠化防治的战略:把握西部大开发的有利时机,以全面建设小康社会为目标,协调沙漠化地区自然资源环境与人类活动的关系,建立既能防治沙漠化土地又能保障可持续发展的生态、社会和经济体系。

沙漠化防治的指导方针:保护优先,重点治理,合理利用,协调发展。

沙漠化防治的基本原则:

一是“以防为主,防治并举,突出重点,先易后难”的原则。过去50多年里,北方地区的生态环境是边治理边破坏,治理的没有破坏的多,治理赶不上破坏,其主要原因之一是没有把“以防为主,保护优先”作为重要的工作来做。对现有林草植被加以保护,充分利用生态系统自我调节的功能,防止造成新的破坏和沙漠化土地的蔓延,应该是沙漠化防治中最基本的要求和具有事半功倍意义的措施。我们应该吸取长期存在的边治理、边破坏的经验教训,采取有力措施杜绝滥垦、滥牧、滥伐、乱挖等破坏现象,全面保护好现在植被。同时,加强治理的力度,切实使治理工作在妥善保护的基础上扎扎实实地得以发展。以我国目前的社会、经济和技术条件,在短期内彻底根治北方沙漠化土地有很大困难,甚至是不可能的。我们需要把有限的人力、物力和技术集中起来,根据各地沙漠化的危害范围和程度,有重点地治理。要先行考虑工矿、交通等国家基础设施和村镇、农田、牧场附近生态的治理,逐步改善生产生活条件,不断积累经验,攻克技术难关,最终实现全区域的治理。

二是“因地制宜、扬长避短,统筹规划、综合治理”的原则。北方沙漠化地区自然环境和资源、社会发展和经济基础等方面差别很大,造成土地沙漠化的具体内外因素也不尽相同。在沙漠化防治理和生态建设过程中,要注意因地制宜,扬长避短,尽可能的使土地利用的方式和强度、选用物种与种植方法、治理措施和实施方案符合当地的社会、经济与生态条件。而且整个治理工作在一定区域范围内要统一规划,采取农、林、牧、水各项措施有机结合,实行水、土、气、生措施综合治理。对各个具体地区来说,区别对待,要针对主要问题,确定主攻方向,有的放矢地采取治理措施,不搞一刀切,不搞同一个模式。

三是“沙漠化防治与脱贫致富相结合”的原则。沙漠化的防治既要考虑区域生态环境的改善,又要十分重视区内深受沙漠化之苦的广大农牧民的脱贫致富和经济发展问题。事实证明,沙漠化与贫困是同生同伴的,互为因果。因为贫困落后,才有不合理的土地利用和对资源掠夺性的开发,由此导致生态环境的破坏和沙漠化土地的发展,危及生存环境,引发进一步的贫困。实行沙漠化防治的根本目的是改善生态环境,促进经济和社会可

持续发展。因此,沙漠化防治必须与当地经济发展和农牧民脱贫致富相结合,必须与改进生产经营方式和提高农牧业生产水平相结合,必须与提高全民文化水平和环保意识相结合,在实现生态建设目标的同时,解决好群众的吃饭、花钱、增收等实际问题,促进整个社会、经济与生态的整体发展。

四是“宣传教育、政策引导与农民自愿相结合”的原则。实施沙漠化防治和生态治理,尤其是退耕还林还草,既是一项意义重大的社会公益事业,又关系到广大农牧民的切身利益。要使二者有机地结合起来,一方面要通过宣传教育和政策引导,使农牧民群众充分认识到沙漠化防治和退耕还林还草既是改善生态环境的需要,也是调整经济结构、增加收入的必然选择,符合农牧民群众的根本利益;另一方面要确实从广大的农牧民利益出发,多为农牧民生产实际着想,尊重群众意愿,不搞强迫命令。要积极组织动员广大农牧民群众,积极投身到这项改善自身生产生活条件的斗争中来,发扬自力更生、艰苦奋斗精神,使沙漠化防治和生态环境改善逐步成为自觉行动。

3 沙漠化防治的基本途径

沙漠化是人与自然相互作用的结果。在沙漠化的防治中,既要充分考虑减轻人类对生态环境的压力,又要符合其自然发展规律和提高资源的生产潜力,注重必要的才力和物力投入以提高单位面积土地的承载力,在防治过程中逐步改善人与自然的关系,使之逐步融洽和协调。在这方面,经过政府部门、科研人员和地方干部与农牧民多年的实践和摸索,针对不同地带的自然环境与资源、社会经济等实际情况,已经总结出了主要的基本途径。主要有:(1)调整土地利用结构,坚持以林牧为主,多种经营;(2)增加投入,积极推动退耕还林还草工程,使沙漠化土地得以休生养息,提高土地的生产力;(3)有效地控制人口增长,减少对沙漠化区域环境和资源的压力;(4)依靠科技进步,推进沙漠化防治实践科学性和有效性;(5)采取切实有力的保证措施,确保沙漠化防治的顺利进行,主要包括:深入宣传发动,提高环境认识;固定土地使用权,实行生产与环境保护双承包;贯彻《防沙治沙法》,真正将沙漠化防治纳入法制化轨道。

在防治的具体部署上,采取科研机构以实验区进行治理实验为主,科研部门与地方部门相结合以具有一定的面积范围的示范区为主和科研机构、地方部门与地方群众相结合以推广区为主的三个层次的形式。在防治的具体措施上,对于农牧交错区,以生态户为基础,采取天然封育、调整以旱作农业为主的土地利用结构、扩大林草比重和集约经营水土条件较好的土地,并与营造护田林网相结合,丘间营造片林(灌丛)与封育相结合的措施;在北方草原牧区,除了合理确定载畜量、合理轮牧、舍饲、建立人工草地及饲料基地外,还应与合理配置水井、确定放牧点密度、修建固定道路结合起来;在干旱地带以流域为生态单元进行全面规划,合理分配用水计划,以绿洲为中心建立绿洲内部护田林网与绿洲边缘、乔灌结合的防沙林带以及绿洲外围机械沙障与障内栽植固沙植物等措施相结合形成一个完整的防治体系。另外,通过密集流沙地区的交通沿线可采用沙障与固沙植物相结

合的固阻结合、以固为主的防护体系。

现以沙漠化发展最严重但也是防治成果较好的我国北方农牧交错区为例，详细论述沙漠化防治的基本途径。

3.1　调整土地利用结构，合理配置农林牧生产比例

近些年，农牧交错区农田面积不断扩展，家畜数量持续增加。虽然生态工程连续上马，但结果是作物产量仍然低而不稳，草地质量越来越差，家畜个头越来越小，小老头树越来越多，不仅没有很好地体现农牧交错复合生态系统应有的功能，还难以遏制沙漠化发展的势头。究其原因，主要是农业生产结构不合理，农林牧用地比例不当，生产增值过程简单，导致农、林、草、畜相互矛盾和制约、生产力水平低下，经济和生态效益难以发挥。因此，调整土地利用结构，合理配置农林牧生产比例，提高系统各要素生产水平，不仅是发展生产的需要，更是沙漠化防治与生态环境建设的需要。其基本途径是：

（1）调整好农林牧用地。农牧交错带的种植业大部分为旱作农业，就其气候而言，长城以北年均降水量低于350毫米，且大风频繁的地区并不适于发展旱作农业，或者说旱作农业的生态风险极大。由于历史的原因，旱作农业现在不仅扩展到了降水低于350毫米的地区，而且从土质较好的川地、洼地、甸子地、粘土地扩散到陡坡地、固定沙地和沙坨地。随着耕地的扩展和沙漠化土地的蔓延，林草面积越来越少，农林牧用地比例严重失调。而近几年，草地又严重退化，林地因干旱大面积死亡，严重影响了林草对耕地和周围环境的保护作用。因此，大面积退耕还林还草，合理配置农林牧生产用地，已成为农牧交错区生态环境保护与建设的重要前提。调整农林牧用地比例，主要是减少旱作农田面积，增加林草用地比例。首先要把大于25度的陡坡地和沙坨地完全退下来，用于种植牧草和灌木，因为这部分土地用于农作最容易发生水土流失；其次是拿出一部分农田用于防风固沙林网建设和村镇防护林建设，改善生产生活生态条件；第三要拿出一部分土地种植高产人工草地，用于发展畜牧业。但究竟北方农牧交错区农林牧用地比例多少为宜，由于其东西和南北自然条件差异很大，很难提出统一模式，各地应根据各地区的自然与社会经济条件，确定合理的比例。

（2）调整种植结构。北方农牧交错带是我国种植业的边缘地带，农耕技术水平低，无论是农作物还是林草业品种都单一，种植结构不合理。如绝大部分地区目前主要造林树种均为单一的杨树，不仅普遍生长不良，而且近几年由于受天牛危害损失惨重；河北坝上高原，普遍种植荞麦、莜麦和燕麦，不仅产量很低，而且对土地伤害严重；黄土高原栽培牧草绝大部分是紫花苜蓿，前些年大面积推广种植沙打旺，因其耗水量大而未能持久。这种单一种植结构既不能适应农牧交错带多变的气候，更难以满足生产生活需要和发挥其应有的生态效益。种植结构的调整，一方面在农业中要加大经济作物的比重，如薯类、药材、棉花、蔬菜等经济价值较高的作物，另一方面要合理进行夏粮与大秋作物的配置；而大部分旱作农田还是应种植豆类、谷子、高粱和玉米，以充分利用水热同季的优势。对人工草

地和林地来说，最重要的增加品种。人工草地除紫花苜蓿外，紫云英、无芒雀麦、饲用玉米、苏丹草都可在本区种植。林地种植结构中应逐步减少杨树比重，在目前尚无较好速生节水品种的情况下，应多种植榆树、杏树、樟子松、落叶松和锦鸡儿等乡土树种。

(3)调整产业结构。农村产业结构是农业种植、养殖结构的基础和经济收入的源动力，要想改善农村生产生活条件，发展农村经济，调整产业结构是首要任务之一。调整产业结构，首先要选择对环境压力小而经济效益大的项目，利用资源优势，通过发展规模生产，生产拳头产品，带动产业结构的调整；其次是以商贸为龙头，扶持和培育专业农牧市场或工业市场(奶牛、肉类等市场)，迅速建立以促销带动生产的可持续发展经济体系；三是搞好农林牧产品的综合利用和深加工，进行多层次开发，变初级产品为高级产品，以获得更大的经济效益；四是搞好生产全过程的管理和产前、产中、产后服务，保证生产的正常运行；五是建立以加工业为主体的小集镇市场经济，发展农村的第二产业和第三产业，转移农村剩余劳动力，最终把资源优势转化为经济优势。

3.2 加强植被的保护、恢复与重建

加强植被的保护、恢复和重建既包括对天然植被的保护与合理利用，又含有对天然植被的培育改良和人工植被的建设。其中保护是使现有植被不再受到破坏，恢复是使破坏或退化了的植被能够更新复壮，而植被重建则是使流沙裸地重新覆以植被。加强植被的保护、恢复和重建是沙漠化防治和改善生态环境的根本对策之一，其基本途径包括：

一是要控制家畜数量，减轻草地压力。草地植被是一种可再生的资源，只要利用合理，它会给人类源源不断提供畜产品。但如果长期超载过牧，草地植被会因茎叶被大量啃食，导致光合作用能力下降，再生能力逐步衰退甚至消亡。因此，要想使农牧交错带草地植被得以恢复，最基本的途径是控制家畜数量，减轻草场压力，使草畜供需平衡。但目前要想大规模压缩该区的家畜数量十分困难，因为该区家畜个体越来越小，单位产出越来越低，农牧民只有靠庞大的畜群数量来维持一定的产出。要有效控制该区家畜数量的发展，首先要按照草地产草量确定草地的载畜量，超载部分通过淘汰老弱病残畜和加快人工草地建设，使之平衡；其次，对一些植被破坏比较严重而农业比重又较大的地区，全面推行植被封禁，家畜全部舍饲，或在冬春秋三季实施舍饲，夏季放牧。内蒙古伊克昭盟和通辽市的部分旗(县)前2年开始推行该方法已经取得了明显效果；第三，要通过提高畜群适龄母畜比例，来提高总增率，控制净增率，充分利用农牧交错带作物秸秆较为丰富的优势，发展季节畜牧业，在每年冬季到来之前使之出栏，减少对冬季草场的压力；第四，进行畜种改良，淘汰对草场破坏性大的山羊和马匹及个体小的品种，发展个体大、繁殖率高的畜种如西门达尔牛和小尾寒羊等，提高饲料报酬。

二是对严重退化草地进行全面封育，禁止放牧和樵采利用。封育是使退化植被恢复的最简单经济的方法之一，其成本低效益好，经测算单位面积的综合成本仅为人工种草地1/10。据我们的试验研究，在科尔沁地区的沙漠化草地经过两年封育后，植被状况明显好

转,沙地的固定程度由11%提高到73%,植被平均盖度提高了1倍,地表起伏程度平均下降了1米,单位面积产草量提高了91.1%。

三是加强草地病、虫、鼠的防治,减少对植被的危害。在农牧交错带,由于自然条件较为恶劣,草地病害较少,虽有白粉病和黑斑病发生,面积较小,但草地虫鼠危害较为严重。危害草地的主要害虫有蝗虫、草原毛虫、宽颈萤叶甲等,危害草地的啮齿动物主要是鼠类,包括高原鼠兔、鼢鼠、沙鼠和家鼠等,其中以蝗虫和鼢鼠对草地危害最为严重。蝗虫主要啃食植物地上部分,当发生蝗灾时地面植被常被啃食一光,造成地面风蚀沙化。而鼠害不仅啃食植物地面部分,还啃食植物根茎,并在地下筑巢时把大量土壤推出地面,在地表形成大小不一的土丘,冬春在风力作用下造成土地沙漠化。目前,草地虫鼠害的防治有人工捕捉法、生物防止法和药剂防治法。其中人工捕捉只适合于面积小密度高的虫鼠危害草地,由于速度慢效率低,被采用的较少。生物捕捉是经济有效无任何污染的一种方法,如一些地方在蝗虫长翅前的一段时间将鸡群放养于草地,既捕食了蝗虫,又提高了鸡的产蛋率。一些地方,还通过加强对鼠类天敌的保护甚至放养其天敌猫头鹰来防治老鼠的危害。但目前,草地真正大面积使用的灭虫灭鼠方法还是化学药物灭除,即用飞机或人工喷洒化学农药实施灭虫灭鼠。该种方法虽对环境有一定的污染和常常对虫鼠天敌造成危害,但其单位成本底,使用方便,灭杀效果好,便于大面积使用,因而仍是今后一段时间内需要采用的方法。

四是加强退化植被的培育改良和人工植被建设。草地培育改良与植被的更新复壮包括施肥、灌溉、轻耙、补播和适度刈割,这些措施对退化植被的恢复与更新复壮都有一定效果。但由于农牧交错带主要为干草原植被和沙地植被,并受经济条件的限制,灌溉和轻耙措施并不适用。在草原区,能够大面积使用的措施还是补播和施肥,而沙地退化植被则主要通过补播和适当刈割促其恢复。施肥是最简单有效的草地复壮方法,施肥当年其植被盖度和产草量往往就可增加50%～100%,连续施肥2～3年退化植被一般就可完全恢复,但其费用较高,每公顷施化肥75～150公斤需费用120～240元,这对于较为贫困的农牧民来说是很大的负担。补播是草地植被改良与更新复壮最好的方法,当草地或沙地植被盖度在20%～30%时,最好采用补播的方法进行植被恢复与改良。在农牧交错带,草地补播的植物种主要有老芒麦、披碱草等,而沙地补播的植物主要有油蒿、差巴嘎蒿、沙打旺、锦鸡儿等,补播时间一般在雨季来临前的一周。适度刈割主要适用于沙地植被中的一些灌木,如黄柳、紫穗槐等,通过刈割促其更新复壮。对于流动沙地或裸地,也包括弃耕地,由于原有植被完全受到破坏,应采取人工方法重建其植被。由于这类土地自然条件差异很大,其植被重建方法差别很大。例如。弃耕地一般水热条件相对较好,可种植人工牧草,如沙打旺、紫花苜蓿和披碱草、老芒麦;对于大面积流动沙地则可进行飞播造林种草,也可人工种植差巴嘎蒿、黄柳、油蒿、草木樨、山竹子等。对于一些风沙活动强烈的地段,建立人工植被较为困难,应采取生物措施与工程措施相结合的办法,通过事先建立一些麦草或玉米秸杆沙障减轻风沙活动强度后,再播种或栽植植物以提高其成活率和治沙效果。

3.3 控制人口增长，减轻人口对资源环境的压力

人口压力的不断增长和资源生产潜力的持续下降导致了农牧交错带生态平衡失调，使沙漠化迅速发展。要对农牧交错区的沙漠化土地进行治理，首先应控制人口的快速增长，减轻人口对资源的巨大压力。近些年，在党和国家把计划生育，控制人口增长，提高人口质量作为一项基本国策后，我国的人口自然增长率明显下降。但就北方农牧交错区而言，由于是多民族居住区，国家对少数民族的人口政策较为宽松，加之生育观念和地方经济比较落后等原因，所以人口自然增长率远高于全国平均水平。因此，在党和国家实施西部大开发生态环境建设先行战略中，农牧交错区应把控制人口快速增长，减轻人口对资源环境的压力作为生态环境建设的一项重要内容，通过减轻人口压力，平衡人地供需矛盾，为生态环境建设并防止其受到进一步破坏打好基础。该区控制人口增长的基本途径包括：

一是根据当地的自然条件与经济发展水平，分析不同地区资源环境现实承载力和潜在承载力，确定当前和未来 10 年、20 年和 50 年各区适宜的人口容量，制定相应的人口发展规划，使人口有计划地增长，使人口增长逐步适应社会经济和环境发展的需要。

二是制定较为严格的计划生育政策和实施条例，并把人口自然增长指标层层分解，采取各级政府第一把手负责制，列入干部政绩考核指标，实行责、权、利挂钩，对执行国家计划生育政策与法规不利，人口增长率超过国家计划的，要给予严惩。

三是对那些沙漠化已经极为严重，已不适于居住的村镇，要逐步实行移民政策，有计划地把这些地方的农牧民搬迁到附近或其他适宜居住的地方。通过移民，彻底解决一些地区的人口压力问题。例如，宁夏盐池县随着中部盐（池）环（环县）定（边）扬水新灌区的逐步建成，盐池县将考虑把北部和中部半数以上的人口有计划地迁移到新灌区，使北部和中部沙漠化严重的地区变成牧业区。

四是输出劳务，减少直接依赖于土地的农业人口。随着本区农业生产技术和社会经济的发展，农村劳动力势必出现剩余。实施劳务输出，既可减少人口对土地的压力，又可给当地带来经济收益，更能促进经营观念的改变和生产技术的发展。输出劳务有两个途径，一是大力发展乡镇企业，开辟第三产业，将农业人口逐渐向其它行业转移，就地消化剩余劳力；二是由地方劳动部门与内地有关部门联系，有计划地组织民工外出打工，这样既可落实劳务输出的经济效益，又可确实保障劳动者在外的安全和合法权益。

3.4 输入科学技术，提高劳动者素质和农业生产水平

根据典型区调查，农牧交错区人口的文化程度普遍较低，6 岁以上人口有 70%～80% 为文盲半文盲和小学文化程度，初中文化程度占 15%～20%，高中以上文化程度的人口比例很少。劳动者文化水平低，是农牧交错区长期贫困落后和生态环境受到破坏与沙漠化发展的一个重要因素。另外，目前农牧交错区的农业生产水平也很低，部分地区粮食单

产只有百十公斤，每百亩草地也只能养 5～10 羊单位家畜。如果在退耕还林还草和压缩家畜数量的同时，不提高单位产量，当地农牧民的再生产和生活将难以为继。而要提高农业生产水平和提高生态环境治理成效，就需要输入先进科学技术，提高农牧民的科学素质，依靠科技进步，促进生产力的发展。这就需要各级科技人员，实地深入沙区，组织科技下乡、科技承包、科技扶贫，通过开展多种多样的培训班、知识讲座和现场培训，解决防沙治沙和生态环境建设中存在的问题，推广科研成果和实用技术，加速成果的转化利用，扩大科技的覆盖面。

附 录 二

中国荒漠化和沙化状况公报

中国荒漠化和沙化状况公报

（国家林业局，2011 年 1 月）

前　言

为准确掌握我国荒漠化和沙化土地现状和动态变化情况，根据《中华人民共和国防沙治沙法》、《国务院关于进一步加强防沙治沙工作的决定》的规定，国家林业局于 2009－2010 年组织相关部门的单位和专家开展了第四次全国荒漠化和沙化监测工作。本次监测共调查图斑 592 万个，获取各类监测数据 2.5 亿个，获得了我国荒漠化和沙化土地现状及动态变化信息。

本监测期信息起止时间为 2005 年初至 2009 年底。监测结果显示，截至 2009 年底，我国荒漠化土地面积为 262.37 万平方公里，沙化土地面积为 173.11 万平方公里。与 2004 年相比，5 年间荒漠化土地的面积净减少 12454 平方公里，年均减少 2491 平方公里。沙化土地面积净减少 8587 平方公里，年均减少 1717 平方公里。

监测结果表明，我国土地荒漠化和沙化整体得到初步遏制，荒漠化和沙化土地面积持续减少，局部地区仍有扩展。本公报根据第四次全国荒漠化和沙化监测结果编写，简要介绍了截至 2009 年我国荒漠化和沙化状况的最新信息，旨在使社会各界了解我国荒漠化和沙化状况，了解防治工作取得的成效及面临的严峻形势，坚定防治信心，继续关心和支持我国的防沙治沙事业。

目录

一、荒漠化*和沙化**土地现状

(一)荒漠化土地现状

截至2009年底,全国荒漠化土地总面积262.37万平方公里,占国土总面积的27.33%,分布于北京、天津、河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、山东、河南、海南、四川、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆18个省(自治区、直辖市)的508个县(旗、区)。

1.气候类型区荒漠化现状。干旱区荒漠化土地面积115.86万平方公里,占荒漠化土地总面积的44.16%;半干旱区荒漠化土地面积97.16万平方公里,占37.03%;亚湿润干旱区荒漠化土地面积49.35万平方公里,占18.81%(图1-1)。

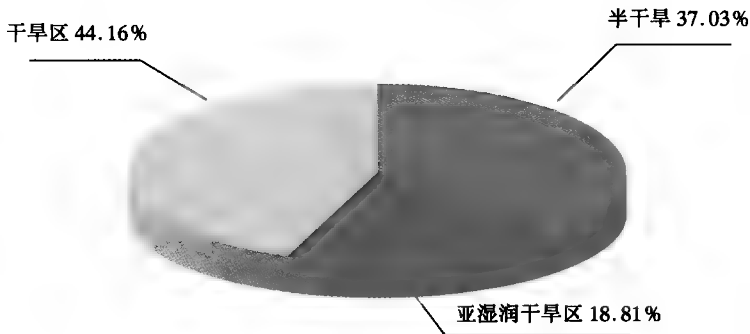


图1-1 不同气候区荒漠化土地

2.荒漠化类型现状。风蚀荒漠化土地面积183.20万平方公里,占荒漠化土地总面积的69.82%;水蚀荒漠化土地面积25.52万平方公里,占9.73%;盐渍化土地面积17.30万平方公里,占6.59%;冻融荒漠化土地面积36.35万平方公里,占13.86%(图1-2)。

3.各省区荒漠化现状。主要分布在新疆、内蒙古、西藏、甘肃、青海5省(自治区),面积分别为107.12万平方公里、61.77万平方公里、43.27万平方公里、19.21万平方公里和19.14万平方公里,5省(自治区)荒漠化土地面积占全国荒漠土地总面积的95.48%;其余13省(自治区、直辖市)占4.52%(图1-3)。

---

* 本公报中的荒漠化是指包括气候变异和人为活动在内的种种因素造成的干旱、半干旱和亚湿润干旱区的土地退化。这些地区的退化土地为荒漠化土地。

** 本公报中的沙化是指在各种气候条件下,由于各种因素形成的、地表呈现以沙(砾)物质为主要标志的土地退化,具有这种明显特征的退化土地为沙化土地。

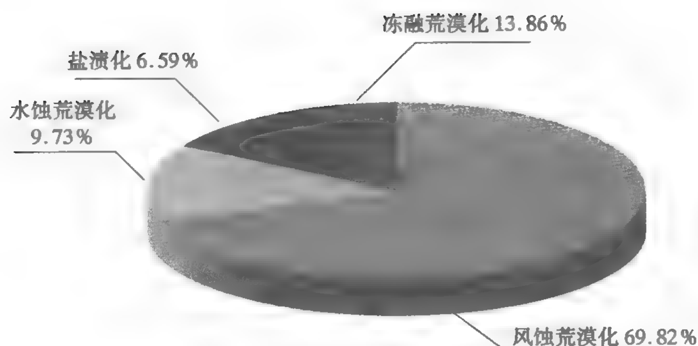


图 1-2　不同类型荒漠化土地

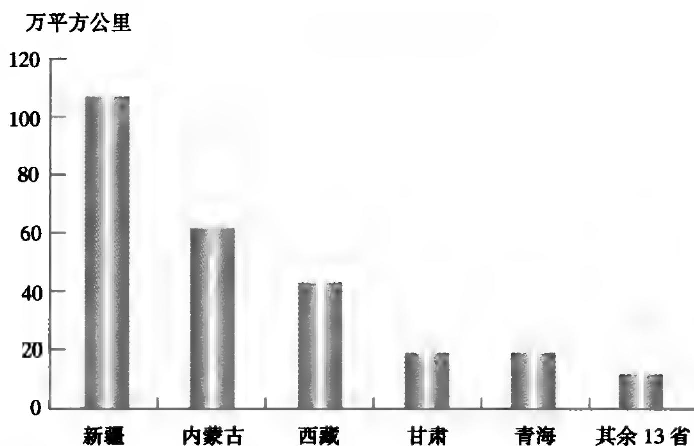


图 1-3　各省区荒漠化土地

(二)沙化土地现状

截至 2009 年底,全国沙化土地面积为 173.11 万平方公里,占国土总面积的 18.03%,分布在除上海、台湾及香港和澳门特别行政区外的 30 个省(自治区、直辖市)的 902 个县(旗、区)。

1. 各沙化土地类型现状。流动沙丘(地)40.61 万平方公里,占全国沙化土地面积的 23.46%;半固定沙丘(地)17.72 万平方公里,占 10.24%;固定沙丘(地)27.79 万平方公里,占 16.06%;露沙地 9.97 万平方公里,占 5.76%;沙化耕地 4.46 万平方公里,占 2.58%;风蚀残丘 8898 平方公里,占 0.51%;风蚀劣地 5.57 万平方公里,占 3.22%;戈壁 66.08 万平方公里,占 38.17%;非生物工程治沙地 66 平方公里(图 1-4)。

2. 各省区沙化土地现状。主要分布在新疆、内蒙古、西藏、青海、甘肃 5 省(自治区),面积分别为 74.67 万平方公里、41.47 万平方公里、21.62 万平方公里、12.50 万平方公

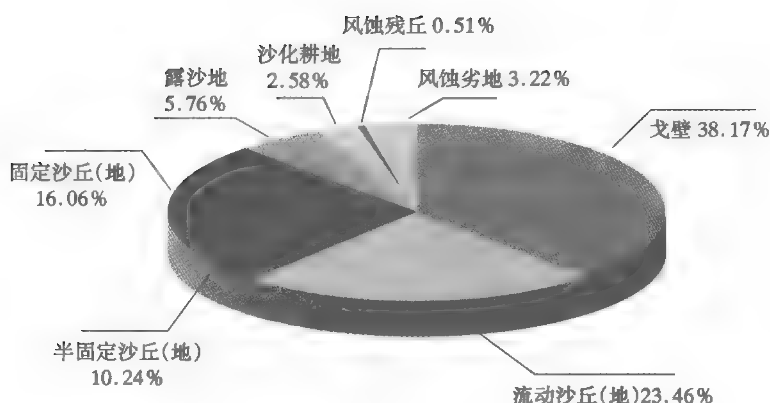


图 1-4 不同类型沙化土地

里、11.92 万平方公里，5 省(自治区)沙化土地面积占全国沙化土地总面积的 93.69%；其余 25 省(自治区、直辖市)占 6.31%(图 1-5)。

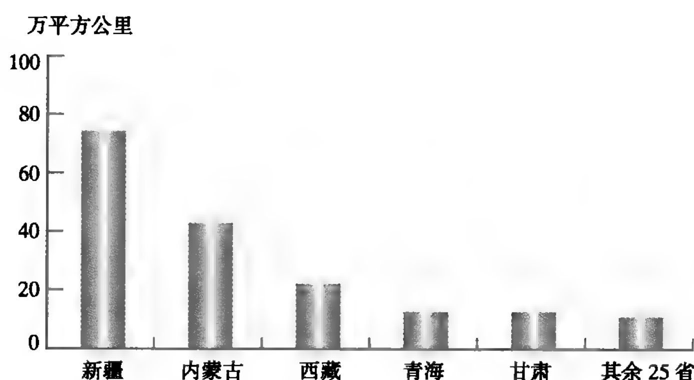


图 1-5 各省区沙化土地

二、荒漠化和沙化土地动态*

(一)荒漠化土地动态变化

与 2004 年相比，全国荒漠化土地面积减少 12 454 平方公里，年均减少 2491 平方公里。

1. 荒漠化类型动态变化。与 2004 年相比，风蚀荒漠化土地减少 7391 平方公里，水蚀荒漠化土地减少 4115 平方公里，盐渍化土地减少 830 平方公里，冻融荒漠化土地减少 118

* 第三次全国荒漠化和沙化监测是 2004 年进行的，故本公报中的荒漠化和沙化土地动态变化，除特殊所指外，均为 2009 年与 2004 年相比的结果。

平方公里(图 2－1)。

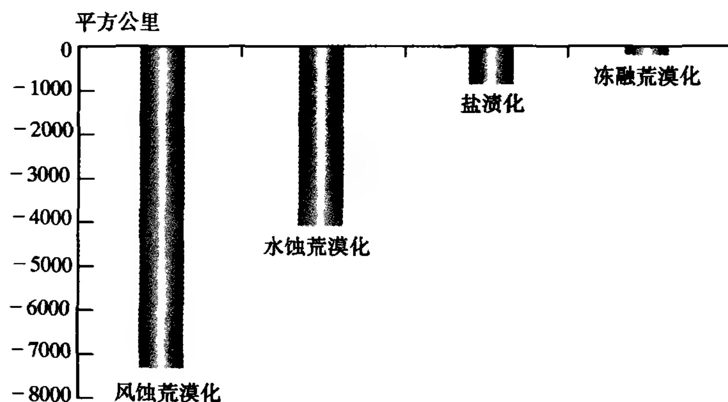


图 2－1　荒漠化类型动态变化

2. 各省区荒漠化动态变化。与 2004 年相比，18 个荒漠化省(自治区、直辖市)的荒漠化土地面积全部净减少。其中，内蒙古减少 4672 平方公里，河北减少 1802 平方公里，甘肃减少 1349 平方公里，辽宁减少 1153 平方公里，西藏减少 789 平方公里，宁夏减少 757 平方公里，山西减少 490 平方公里，新疆减少 423 平方公里，陕西减少 406 平方公里，青海减少 284 平方公里(图 2－2)。

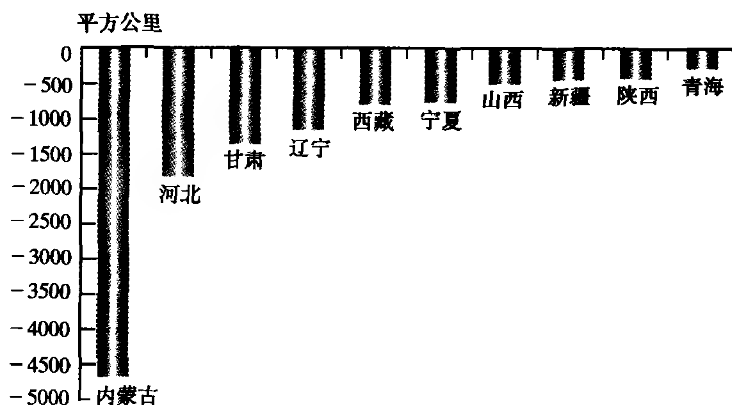


图 2－2　主要省区荒漠化动态

(二)沙化土地动态变化

与 2004 年相比，全国沙化土地面积净减少 8587 平方公里，年均减少 1717 平方公里。

1. 沙化土地类型动态变化。与 2004 年相比，流动沙丘(地)减少 5465 平方公里，半固定沙丘(地)减少 1619 平方公里，固定沙丘(地)增加 3271 平方公里(图 2－3)。

2. 各省区沙化土地动态变化。与 2004 年相比，绝大部分省(自治区、直辖市)沙化土

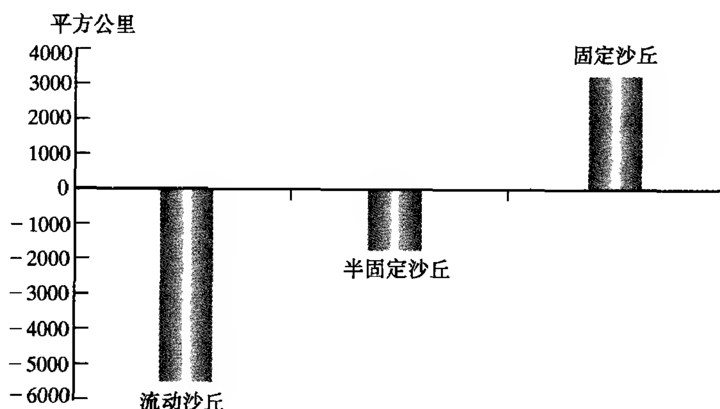


图 2-3 主要类型沙化土地动态变化

地面积都有不同程度的减少。其中，河北减少 2782 平方公里，内蒙古减少 1253 平方公里，甘肃减少 1121 平方公里，山西减少 877 平方公里，西藏减少 657 平方公里，青海减少 548 平方公里，黑龙江减少 330 平方公里，山东减少 262 平方公里，陕西减少 212 平方公里，宁夏减少 204 平方公里(图 2-4)。

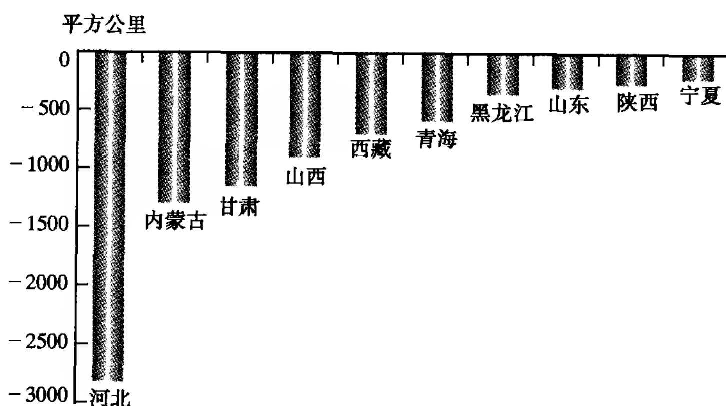


图 2-4 主要省区沙化土地动态

三、具有明显沙化趋势的土地现状及动态

具有明显沙化趋势的土地主要是指由于土地过度利用或水资源匮乏等原因造成的植被退化，生产力下降，地表偶见流沙点或风蚀斑，但尚无明显流沙堆积形态的土地。目前虽然还不是沙化土地，但已具有明显的沙化趋势。

(一)具有明显沙化趋势的土地现状

截至 2009 年底，全国具有明显沙化趋势的土地面积为 31.10 万平方公里，占国土总面积的 3.24%。主要分布在内蒙古、新疆、青海、甘肃 4 省(自治区)，面积分别为 17.79 万

平方公里、4.75万平方公里、4.16万平方公里、2.18万平方公里，其面积占全国具有明显沙化趋势的土地面积的92.86%(图3-1)。

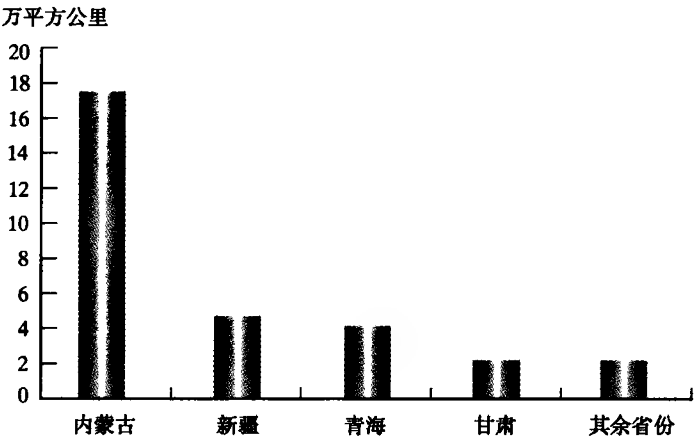


图3-1　具有明显沙化趋势的土地分布

(二)具有明显沙化趋势的土地动态变化

与2004年相比，全国具有明显沙化趋势的土地面积减少7608平方公里，年均减少1522平方公里。其中，甘肃减少3989平方公里，内蒙古减少2862平方公里，新疆减少523平方公里，青海减少332平方公里，黑龙江减少287平方公里，宁夏减少217平方公里，辽宁减少201平方公里(图3-2)。

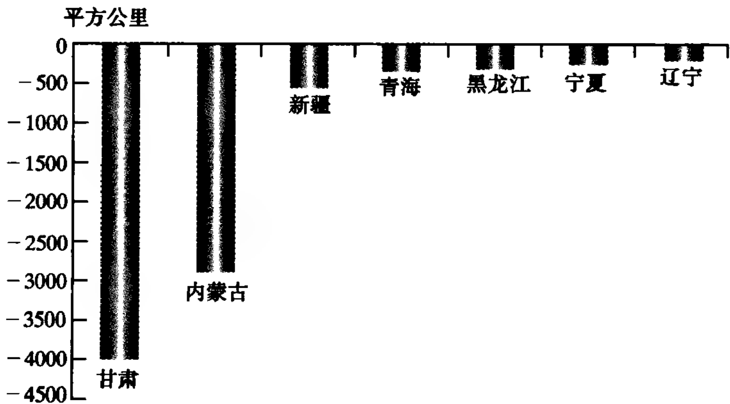


图3-2　具有明显沙化趋势的土地动态变化

四、荒漠化和沙化总体趋势

监测结果显示，我国土地荒漠化、沙化呈整体得到初步遏制，荒漠化、沙化土地持续减

少，局部仍呈扩展的局面。

1.荒漠化、沙化土地面积持续净减少。2000—2004年荒漠化、沙化土地分别年均净减少7585平方公里、1283平方公里，2005—2009年分别年均净减少2491平方公里、1717平方公里。

2.土地荒漠化和沙化程度减轻。与2004年比，轻度荒漠化土地增加3.47万平方公里，中度减少1.69万平方公里，重度减少6800平方公里，极重度减少2.34万平方公里。轻度沙化土地面积增加2.73万平方公里，中度减少9906平方公里，重度减少1.04万平方公里，极重度减少1.56万平方公里。

3.植被状况进一步改善。一是沙化土地植被平均盖度由2004年的17.03%提高为2009年的17.63%，5年间提高0.60%；二是固定沙地增加，半固定、流动沙地减少。5年间固定沙地增加3271平方公里，流动沙地减少5465平方公里，半固定沙地减少1619平方公里；三是植物多样性增加。在京津风沙源工程范围的典型草原区，多样性指数未治理区域仅为1.80，治理区域达到2.13。

监测显示，受过度放牧、滥开垦、水资源的不合理利用以及降水量偏少等综合因素的共同影响，川西北高原、塔里木河下游等区域沙化土地处于扩展状态，但扩展的速度已经趋缓。

五、土地荒漠化、沙化持续净减少成因分析

我国土地荒漠化、沙化呈持续净减少之势，主要原因是：党中央、国务院高度重视荒漠化、沙化防治工作，采取了一系列重大战略举措；沙区各级党委、政府真抓实干，各部门密切配合；全社会广泛参与，沙区广大人民群众的艰苦奋斗。这也说明，只要按照中央的要求，加大力度，持之以恒地开展防治工作，土地荒漠化、沙化是可以得到遏制的。

1.强化植被保护是防治荒漠化和沙化的重要基础。各地认真实施《防沙治沙法》、《森林法》、《草原法》等，普遍推行了禁止滥放牧、禁止滥开垦、禁止滥樵采的“三禁”措施，有效保护了林草植被。

2.实施工程治理，是改善沙区生态环境的根本途径。“十一五”期间国家继续实施了京津风沙源治理、三北防护林、退耕还林、退牧还草、天然林保护、草原建设与保护、水土保持等一批与防沙治沙相关的重点生态建设工程，为实现持续好转奠定了重要基础。

3.活化治理机制，是鼓励社会力量参与防沙治沙的动力源泉。中央关于全面推进集体林权制度改革、关于加强防沙治沙工作等一系列决策，激发了土地沙化治理者的投入积极性。

4.实施扶持政策，是推进治沙工作的有力措施。国家实行了生态公益林补偿和草原补贴政策，一些地方实行了治沙财政补助政策，对沙区林草植被恢复和保护起到了良好作用。而且对解决农牧民生计，促进生产方式转变，减轻人口压力有明显作用。

5.树立典型，以榜样的力量推动治沙工作是有力抓手。在2007年召开的全国防治沙

大会上，温家宝总理提出防沙治沙要发扬胡杨精神，并以榜样的力量推动治沙工作。沙区涌现出像治沙英雄王有德、石光银等一大批治沙带头人，他们的行为和精神带动了广大群众，为治沙工作作出了积极贡献。

另外，这些年西北地区降水偏多，也促进了植被的恢复和改善。据监测，近 10 年来西北地区降水比常年偏多。本监测期与上个监测期相比，北方荒漠化地区降水量总体上持平，局部地区有所增加，降水对促进这些地区天然植被自然修复和工程治理效果的提高发挥了积极作用。

六、土地荒漠化、沙化严峻形势及其防治措施

监测分析表明，我国土地荒漠化、沙化的严峻形势尚未根本改变，土地沙化仍然是当前最为严重的生态问题。

1. 我国是世界上荒漠化、沙化面积最大的国家，而且还有 31 万平方公里具有明显沙化趋势的土地。

2. 川西北、塔里木河下游等局部地区沙化土地仍在扩展。

3. 我国北方荒漠化地区植被总体上仍处于初步恢复阶段，自我调节能力仍较弱，稳定性仍较差，难以在短期内形成稳定的生态系统。

4. 人为活动对荒漠植被的负面影响远未消除，超载放牧、盲目开垦、滥采滥挖和不合理利用水资源等破坏植被行为依然存在。

5. 气候变化导致极端气象灾害（如持续干旱等）频繁发生，对植被建设和恢复影响甚大，土地荒漠化、沙化的危险仍然存在。

上述情况表明，土地荒漠化、沙化仍是中华民族的心腹之患，严重威胁国家生态安全，严重制约社会经济可持续发展，是重大的民生问题。加大力度，加速荒漠化、沙化防治刻不容缓。

1.强化植被保护。继续推行禁止滥樵采、禁止滥放牧、禁止滥开垦的“三禁”制度，加大林草植被保护力度。充分发挥生态系统自我修复功能，依法推进沙化土地封禁保护区建设，促进荒漠植被自然修复。

2.推进工程治理。深入推进防沙治沙重点工程建设，进一步完善工程布局，加大沙尘源区治理力度。坚持因地制宜，因害设防，适地适树，乔灌草相结合，大力开展林草植被建设，努力增加沙区植被覆盖度。

3.优化政策机制。大力推进沙区林权制度改革，进一步明晰产权、活化机制，落实各项优惠政策。遵循物质利益驱动原则，坚持增绿与增收、治沙与治穷相结合，优化扶持政策，活化工作机制，调动广大群众参与防沙治沙的积极性。

4.严格落实责任。认真落实防沙治沙工作政府负责制，推动防沙治沙单位治理责任制。认真实施省级政府防沙治沙目标责任考核办法，并根据考核结果严格奖惩。

5.依靠科技进步。推广和应用适用技术和模式，加强技术示范和培训，增加科技含

量，提高建设质量。

6.搞好预警监测。加强监测基础设施建设，建立健全荒漠化和沙化监测预警体系，对荒漠化和沙化动态变化进行适时跟踪监测，为防沙治沙工作提供科学依据。

7.加强部门协作。落实责任、密切配合、齐抓共管，共同做好防沙治沙工作。

编后记

为了进一步宣传、学习、普及和推进钱学森提出，并同宋平共同推动在甘肃和内蒙古沙区和草原进入生产实践的沙产业、草产业的科学设想，甘肃省沙草产业协会、中国治沙暨沙业学会和西安交通大学先进技术研究院共同编辑了“学习探索钱学森沙草产业理论丛书”，包括《钱学森宋平论沙草产业》、《科学家专家论述沙草产业》和《各级领导论述沙草产业》三本书。其目的是全面、系统、准确地介绍沙草产业的内容和精神，为促进沙化地区和退化草原的科学发展尽我们的努力和责任。

钱学森是伟大的人民科学家，是我国航天事业的奠基人，是“国家杰出贡献科学家”和“100位新中国成立以来感动中国人物”。上世纪五六十年代，钱学森在酒泉卫星发射中心和甘肃金塔鼎新火箭导弹试验基地领导国防科技试验时，看到周围沙漠戈壁生态环境的恶劣，人民生活的困难，便思考如何利用科学技术，充分开发沙区独特的自然资源，以帮助沙区各族人民群众脱贫致富。1984年，钱学森正式提出“沙产业”、“草产业”的设想，并同“农产业”、“海产业”、“林产业”一起称为“第六次产业革命”。1989年以后，他同时任中国科协副主席的沙漠研究专家刘恕关于沙产业的交流谈话有数十次之多，写给刘恕的信达50多封；给时任甘肃省草原生态研究所所长任继周先生关于草产业的信有47封。钱学森运用潜心研究的工程控制论、系统工程理论，经过多学科综合思考研究，并与有关专家学者深入交流，把沙产业、草产业的理论设想不断深化、系统完善。

宋平是原中共中央政治局常委，早年曾担任周恩来总理的秘书，后来调原中共中央西北局工作，任计划委员会主任。他对西北沙漠地区的情况十分熟悉和了解。1972年至1981年，宋平在甘肃先后担任省委书记、省革委会副主任，省委第一书记、省革委会主任。他在甘肃工作期间，实事求是，解放思想，公正无私，清正廉洁，深入群众，平易近人，充分体现了共产党高级领导干部的好传统、好作风，赢得了甘肃广大干部、群众的衷心爱戴。任继周院士曾在一篇文章中深情地写道，在上世纪七十年代的一个星期天，宋平同秘书一行，驱车近300公里，来到天祝藏族自治县海拔2500多米的松山滩草原，看望任继周和草原试验站的科技人员，同他们商讨草原和畜牧业的科学发展。任继周院士写道：“由于他在草原、生态和环境方面多年的积累，已是一位十分内行的领导。他对甘肃草原建设、退耕还林还草的建议，其科学性和前瞻性令人佩服。”宋平的夫人陈舜瑶，曾任中共甘肃省委宣传部副部长，她当年深入到中科院沙漠与沙漠化研究所（现合并改称为中国科学院寒区旱区环境与工程研究所，简称寒旱

所）和该所在宁夏沙坡头的试验站，写出了《沙都散记》一书（1990 年 5 月甘肃人民出版社出版，2000 年 4 月甘肃教育出版社再版），反映和赞颂了从事沙坡头铁路防沙工程的科学家、技术人员和工人、农民。至今，寒旱所的一些中年科学家还同他们当年的“陈部长”、“陈大姐”保持着联系。离开甘肃后，不管是在中央领导岗位，还是离职以后，宋老都时时惦念着甘肃人民和甘肃的发展。他对许多前来拜望他的甘肃同志都说过：“我一辈子走过很多地方，而对甘肃感情最深……可能是因为那里有些地方人民太贫困，使我永远忘不了他们的缘故吧！”在对“如何进一步推动沙产业理论转为实践还较茫然”的“关键时刻”（刘恕同志语），1995 年 9 月初，宋平亲自打电话给刘恕和田裕钊问询沙产业发展情况和存在的困难，并约定 9 月 15 日面谈。在听了刘恕等人的汇报后，宋平建议刘恕先与甘肃省的领导沟通，筹备“召开一次会议”。此后，宋老又在刘恕写给温家宝、姜春云等中央领导的信函上作了批示。在宋平的关怀和推动下，1995 年 11 月，甘肃河西走廊沙产业开发工作会议顺利召开。2000 年 6 月，又召开了甘肃省第二次沙产业开发会议。宋平两次都亲临甘肃武威、张掖，在会上作了重要讲话。自此，钱学森沙产业的科学构想在甘肃河西走廊进入了农村农户的群众性生产实践。张掖市民乐县的群众在发展沙产业的实践中总结出了沙产业的技术原则是：“多采光、少用水、新技术、高效益”。钱老对来自人民群众的形象总结十分认同。称赞“张掖、武威人民开创了沙产业，他们实际是走出了将来我国整个大农业的第一步！是了不起的！”肯定了甘肃通过试点，探索出“多采光、少用水、新技术、高效益”的沙产业路线，“走出了一条在戈壁沙漠搞现代化农业，使农民致富、沙漠增绿的路子。你们的经验在我国西北地区起到了示范作用”。

1998 年 10 月和 2004 年 6 月，宋平两次来到内蒙古考察治沙和沙产业，在鄂尔多斯的恩格贝等地，就沙漠绿洲建设、充分利用阳光、开发生产微藻，都作了许多重要的批示和讲话。他的两次内蒙古之行，极大地推动了鄂尔多斯、包头等地沙产业、草产业的发展，取得了非常明显的经济效益、生态效益和社会效益，促进了当地社会经济的发展。胡锦涛总书记 2007 年年底在内蒙古考察时去了鄂尔多斯市，那里沙产业、草产业的发展，给总书记留下了深刻的印象。2008 年 1 月 19 日，胡锦涛总书记去钱学森家看望时，在谈到钱老的科学生涯中建树很多时，特别提到钱老提出的沙产业设想：“您的这个设想强调的不是单纯地去治理沙漠，阻止沙化，而是在治理沙漠的同时，还要看到沙漠环境也有优势的一面……这就能在沙漠地区形成良性循环。您的这个思想很有创新……钱老，您在几十年前提出的沙产业设想已经开始变成现实。”

钱学森提出沙产业、草产业的设想，并同宋平共同倡导、推动沙草产业发展的二十多年来，沙产业、草产业的发展正方兴正艾，正在北方的沙漠地区和草原地区被越来越多的部门领导、基层干部和农民所接受，逐渐形成推进产业结构调整的浪潮，成为稳步而坚定地向前推进的第六次产业革命的开始。如草产业中的草业科学，已由

以前的二级学科，提升为国家一级学科。在甘肃张掖和武威两市，建成了一批沙产业示范区、示范园。建设了“沙产业馆”(宋平题写馆名)、“沙漠科学馆”，建立有河西学院的“钱学森沙产业中心实验室”、武威市的“钱学森沙产业中心”。甘肃农业大学、河西学院都设立了“钱学森沙产业奖学金班”，兰州大学草地农业科技学院设立了“钱学森草产业奖学金”。由中科院寒旱所任会长单位的中国地理学会沙漠分会2010年在烟台召开了“钱学森沙产业理论研讨会”。由王涛等编著的《中国风沙防治工程》2011年3月已由科学出版社出版。该书第八章就是由董治宝、王涛撰写的“沙产业与沙区资源”等等。在创建和发展农业型知识密集的农产业、林产业、草产业、海产业和沙产业中，钱学森对他称之为“小弟弟”的沙产业给予了特别的关注，寄予了巨大的期望。认为同农田面积差不多的16亿亩沙漠戈壁能每年提供几千亿的沙产业产值，期望设“沙业局”、“沙业部”、“沙业科学院”，从管理和科技研发上推动这个大事业。但目前沙产业发展的现状，还远低于钱学森当年的预期。农、林、草、海产业都有主管部门，而沙产业至今还是防沙治沙工作的一部分。国家统计的农业总产值中，包括农业、林业、牧业(草)、渔业(海)，沙产业还不是一个单独的项目。沙产业由于基础薄弱，至今不是一个正式学科，不是农林高等院校、中等专业学校的正式专业，也没有正式的教材。甘肃农业大学校长黄高宝认为：沙产业目前面临认识、所涉及空间、产业化与生态化、技术研发一般化等四个方面的困境。提出“沙产业将向何处去?”这是符合现状的。

宋平同志说：“钱老是大科学家，了不起的科学家，对中国人民有杰出的贡献。钱老思考的事是大事，是重要的事。”钱学森提出的沙产业是一个伟大创新的战略科学构想，形成完整系统的沙产业理论，需要从事科学研究、技术开发和具体实践的科学家、专家、科技工作者，在全面、深刻、准确学习领会钱老沙产业设想核心内容，不断探索实践，形成较为完整的钱学森沙产业科学理论体系。推动沙产业更有力地发展。钱学森的儿子钱永刚在一些会议上讲过，钱老晚年给秘书交待：今后只送有关系统科学和沙草产业在内蒙古、甘肃践行情况的材料。现在的精力看这两个就行了。2011年7月，甘肃省沙草产业协会会长去北京301医院看望钱学森的夫人蒋英教授，向她汇报甘肃沙产业的情况后，蒋教授说：“钱老生前十分关注沙产业，他非常想去甘肃河西走廊看沙产业的发展。但他最终没有去成。我身体恢复了，我要到河西走廊去，代钱老去看沙产业发展的成就。”

我们编辑由三本书组成的“学习探索钱学森沙草产业理论丛书”，希望能为全面、完整地学习、认识和践行沙草产业的科学设想起到推进作用，以能够早日实现宋平2004年在恩格贝要求的：内蒙古、甘肃省应以深化钱老的沙草产业理论和实践为新目标，把钱老开创的沙草产业事业“继续下去”，“形成核心”，“形成学派”，“干到底”。

我们编辑的这套丛书，第一次集中收集钱学森在不同场所、刊物发表的有关沙产

业、草产业的11篇讲话、报告、文章以及一些信函和论述摘编，宋平关于沙产业的3篇重要讲话和在听取刘恕、田裕钊4次汇报时的谈话记录，并第一次将他们的这些论述合并成为一本书《钱学森宋平论沙草产业》。我们又将5位院士和国内有影响的沙漠学科、草业学科的40余位科学家和专家的科技文章汇编成《科学家专家论述沙草产业》；将50多位各级领导有关沙草产业的讲话、报告、文章汇编为《各级领导论述沙草产业》。在此，编委会向提供大作的各位科学家、专家和各位领导同志表示衷心的感谢！向对本书编辑工作给予关心、指导、帮助、支持的刘恕、涂元季、任继周、李毓堂、钱永刚、马西林、杨利明、路明、夏日、张世珍、田裕钊、顾吉环等科学家、专家和领导表示衷心的感谢！特别向关心和支持本书的编辑工作，并在百忙之中为本书作序的中共甘肃省委书记、省人大常委会主任陆浩*和国家林业局党组书记、局长贾治邦表示最衷心的感谢！

本书编委会

2011年11月18日

* 陆浩同志于2011年12月调任全国人大外事委员会副主任委员、中央第一地方巡视组组长。

[G e n e r a l I n f o r m a t i o n]
书名= 科学家专家论述沙草产业
作者= 魏万进，钱能志主编；甘肃省沙草产业协会等编
页数= 2 8 1
S S 号= 1 3 0 3 2 3 1 1
出版日期= 2 0 1 2 . 0 4

前言
目录